



**INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO**

Maria Eugénia Marques Oliveira

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE COMPOSTOS DE ACÁCIA PARA SUBSTITUIÇÃO DA CASCA DE PINHEIRO NA FORMULAÇÃO DE SUBSTRATOS

Dissertação

Mestrado em Agricultura Biológica

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Luís Miguel Cortêz Mesquita de Brito

Dezembro de 2013

As doutrinas expressas neste trabalho são da exclusiva responsabilidade do autor

Índice

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	V
ABSTRACT	VII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	IX
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos.....	1
1.3 Compostagem	2
1.3.1 Fatores condicionantes do processo de compostagem.....	4
1.3.1.1 Microrganismos.....	4
1.3.1.2 Relação carbono/azoto	4
1.3.1.3 Humidade	5
1.3.1.4 Arejamento	6
1.3.1.5 pH.....	6
1.3.1.6 Temperatura	7
1.3.1.7 Dimensão das partículas	8
1.3.1.8 Dimensão das pilhas	8
1.3.2 Maturação do composto.....	9
1.3.3 Utilização do composto	10
1.3.3.1 Corretivos do solo	11
1.3.3.2 Adubo orgânico	12
1.4 Substratos agrícolas	13
1.4.1 Valor de pH	14
1.4.2 Condutividade elétrica (CE)	14
1.4.3 Teor de matéria orgânica	14
1.4.4 Teor de nutrientes	15
1.5 Necessidades edafo-climáticas e de fertilização da alface e da couve	15
1.5.1 Alface	15
1.5.2 Couve.....	16
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
2.1 Formulação dos substratos.....	19

2.2 Determinação do pH e da condutividade elétrica.....	19
2.3 Determinação da matéria orgânica no solo	20
2.4 Determinação da matéria orgânica nos substratos	21
2.5 Determinação do teor de azoto pelo método Kjeldahl	21
2.6 Testes de germinação de semente	22
2.7 Testes de crescimento da alface e da couve lombarda	22
2.7.1 Ensaio da alface	22
2.7.2 Ensaio da couve lombarda	23
2.8 Determinação do azoto e do fósforo	23
2.9 Determinação de cálcio, potássio, magnésio e ferro	24
2.10 Tratamento estatístico	24
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
3.1 Testes de germinação	27
3.2 pH, condutividade e teor matéria orgânica dos substratos	30
3.3 Teores de azoto amoniacal e nítrico e razão C/N nos substratos	32
3.4 Teor de nutrientes nos substratos	33
3.5 Avaliação do crescimento e exportação de nutrientes pela alface	35
3.5.1 Peso fresco, peso seco e teor de matéria seca	35
3.5.2 Teor de nutrientes na alface.....	37
3.6 Avaliação do crescimento e exportação de nutrientes para a couve	39
3.6.1 Peso fresco, peso seco e teor de matéria seca	39
3.6.2 Teor de nutrientes na couve	40
4. CONCLUSÕES.....	43
REFERÊNCIAS	45

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer ao meu orientador Professor Doutor Luís Miguel Brito pela disponibilidade, e rápida resposta a todas as questões e pelo incentivo ao longo da elaboração da dissertação.

Agradeço ao Engenheiro Virgílio Peixoto, pelo apoio no desenvolvimento do trabalho laboratorial e ao Engenheiro José Durão, pelo apoio no trabalho na estufa.

À Joana Mendes agradeço toda a ajuda no trabalho laboratorial.

A todos o meu muito obrigado.

RESUMO

As acácias são plantas invasoras capazes de invadir o território das espécies nativas e de ameaçar a conservação dos habitats naturais, contribuindo para a diminuição da biodiversidade. No entanto, os detritos vegetais oriundos da remoção dos arbustos de acácia poderão representar materiais alternativos, após compostagem, para a formulação de substratos que possam ser utilizados como substitutos da turfa, da casca de pinheiro ou de outros materiais orgânicos habitualmente utilizados na formulação de substratos.

Neste estudo avaliou-se a capacidade de utilização de compostos de acácia (*Acacia longifolia* e *Acacia melanoxylon*) para substituição do composto de casca de pinheiro na formulação de substratos hortícolas. Produziram-se diversos substratos com percentagens crescentes de composto de acácia em substituição do composto de casca de pinheiro utilizado num substrato comercial constituído por 30% de turfa e 70% de casca de pinheiro (v/v) e designado por Siro Plant. O composto de acácia resultou de duas pilhas de compostagem com diferente número de revolvimentos.

Os substratos foram avaliados através de testes de germinação de agrião, em placas de Petri, utilizando extratos aquosos com doses crescentes dos compostos, e em testes de crescimento, em vasos, com alface (*Lactuca sativa* var. *crispa*) e couve lombarda (*Brassica oleracea sabauda* L.). Com base no substrato comercial (sem adubo e com adubo) utilizaram-se os compostos de acácia das duas pilhas de compostagem para substituição do composto de casca de pinheiro (v/v) nas doses de 30%, 60% e 100% em volume. Os tratamentos (17) incluíram ainda os substratos comerciais, os compostos de acácia sem mistura, e solo sem substrato ou composto.

Os compostos de acácia para o extrato aquoso com 20% (v/v) não apresentaram fitotoxicidade, o que foi confirmado pela percentagem de germinação superior à percentagem de germinação do controlo. Não houve diferença significativa na percentagem de germinação com os diferentes substratos e também em relação ao substrato Siro Plant.

A produtividade de alface com o composto de acácia da pilha com maior revolvimento foi superior à verificada no substrato comercial sem adubo, e semelhante ao substrato comercial com adubo, no ensaio com doses crescentes de composto de acácia. A

produtividade também aumentou em misturas com o composto da pilha com menor revolvimento em comparação com o substrato sem composto.

O ensaio com couve, tal como com alface, demonstrou que a substituição do composto de casca de pinheiro por composto de acácia na formulação de substratos de plantas para vasos não tem qualquer inconveniente, podendo, pelo contrário, ser vantajoso para a composição de substratos que não tenham sido fertilizados com adubos minerais.

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que o composto de acácia poderá substituir total ou parcialmente o composto de casca de pinheiro na formulação de substratos Siro Plant.

Palavras-chave: casca de pinheiro, composto de acácia, crescimento de plantas, germinação, substratos agrícolas, turfa.

ABSTRACT

In Portugal, the acacias are invasive plants that can invade the territory of native species and threaten the conservation of natural habitats and local biodiversity. However, the acacia residues originated from the removal of acacia shrubs might represent alternative materials, after composting, for the preparation of substrates that can be used as substitutes of peat, pine bark or other organic materials commonly used in the formulation of substrates.

This study evaluated the suitability of acacia (*Acacia longifolia* and *Acacia melanoxylon*) composts to replace pine bark compost in the formulation of horticultural substrates. Several substrates were produced with increasing rates of acacia compost instead of pine bark compost used in a commercial substrate consisting of 30% peat and 70% pine bark (v/v), with the trade name Siro Plant. The acacia compost employed was from two compost piles with different turning frequency.

The substrates were evaluated by testing the germination of cress in petri dishes with aqueous extracts of increasing rates of compost, and also on the growing of lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) and savoy cabbage (*Brassica oleracea sabauda* L.) in pots. Based on the commercial substrate (with and without fertilizer), it was used the compost of the two piles for the replacement of the pine bark compost (v/v) at rates of 30%, 60% and 100% by volume. The treatments (17) also included the commercial substrate, the acacia composts without peat, and the soil without substrate or compost.

The acacia composts in aqueous extract with 20% (v/v) showed no phytotoxicity, which was confirmed by the higher percentage of germination compared to the control. There was no significant differences in the germination with the different substrates formulated and also relatively to the substrate Siro Plant.

The lettuce yield with acacia compost from the pile with increased turning was higher than the lettuce yield with Siro Plant without fertilizer, and similar to this commercial substrate with fertilizer, in tests with increasing rates of acacia composts. Lettuce yields also increased in mixtures with the compost from the pile turned less compared to the substrate without compost.

The assay with the cabbage, as with the lettuce, showed that replacing the pine bark compost by the acacia compost in the preparation of substrates for plant growing in pots

did not have inconvenience, and may instead be advantageous for the composition of substrates that have not been fertilized with mineral fertilizers.

Based on these results, it can be concluded that the acacia compost may totally or partially replace the pine bark compost in the formulation of the substrate Siro Plant.

Keywords: pine bark, acacia compost, plant growth, germination, agricultural substrates, peat.

LISTA DE ABREVIATURAS

C – Carbono

°C - Grau Celsius

Ca – Cálcio

CE – Condutividade elétrica

CO₂ – Dióxido de carbono

C/N – Razão carbono/azoto

CTC – Capacidade de troca catiónica

DP – Desvio padrão

Fe – Ferro

HPO₄²⁻ – Ião hidrogenofosfato (ortofosfato secundário)

H₂PO₄⁻ – Ião dihidrogenofosfato (ortofosfato primário)

K – Potássio

K₂O – Óxido de potássio

KCl – Cloreto de potássio

Mg – Magnésio

Mn – Manganês

N – Azoto

N₂ – Azoto molecular

NH₃ – Amónia

N-NH₄⁺ – Azoto amoniacal

NO₂⁻ – Ião nitrito

N-NO₃⁻ – Azoto nítrico

P – Fósforo

P₂O₅ – Pentóxido de fósforo

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

As florestas portuguesas têm sido invadidas por plantas de espécies exóticas que provocam a diminuição da floresta autóctone e podem provocar a extinção de algumas espécies nativas. Uma invasora muito bem adaptada ao território português é a acácia, a qual é a oitava espécie com maior ocupação no que respeita ao volume das povoações, da área florestal em Portugal (DNGF, 2010). A título de exemplo, refere-se o caso do Parque Nacional da Peneda-Gerês que está a ser ocupado por esta invasora, onde têm sido consumidos muitos recursos na tentativa de controlo da mesma. Assim, existe a necessidade de controlo da presença destas plantas infestantes de rápido crescimento. As plantas lenhosas invasoras, como as acácias, contribuem frequentemente para a proliferação dos fogos florestais em Portugal e para a diminuição da biodiversidade.

As acácias tornam-se facilmente espécies invasora pois têm características que o permitem, tais como:

- Vigorosa de touça e raiz, que torna o seu controlo difícil pois após o seu corte ela volta a surgir com intensidade;
- Produção de grande quantidade de sementes em vagens cuja germinação é estimulada pelo fogo, daí, em povoamentos ardidos, é normal assistir-se a uma proliferação de acácias;
- Forma povoamentos muito densos que impedem o desenvolvimento de espécies nativas devido à competição pela luz, água e nutrientes no solo, podendo mesmo alterá-lo pois é uma boa fixadora de azoto.

As características supracitadas tornam a acácia uma planta muito competitiva e agressiva (Marchante *et al.*, 1999). Em Portugal, a acácia é considerada uma das espécies invasoras mais agressivas em ecossistemas terrestres, pelo que existe a necessidade de controlar o seu crescimento. Os meios de combate podem ser de diversos tipos, embora a luta química e física (remoção) seja a mais utilizada pois obtêm-se resultados instantâneos.

1.2 Objetivos

Os detritos vegetais provenientes da remoção de acácias poderão representar materiais alternativos, após compostagem, para a formulação de substratos que possam ser utilizados

como substitutos da turfa, da casca de pinheiro ou de outros materiais orgânicos habitualmente utilizados na formulação de substratos e que no caso da turfa correm o risco de escassez. Além disso, a utilização de composto das acácias como substratos poderá ser uma motivação para o seu abate em áreas onde a sua proliferação é mais nefasta.

Com este estudo pretende-se:

- Avaliar os compostos finais de arbustos de espécies lenhosas invasoras, nomeadamente de acácia, como componente para a formulação substratos hortícolas;
- Investigar a resposta das plantas (germinação e crescimento) à substituição parcial de casca de pinheiro por quantidades crescentes dos compostos de acácia na composição de substratos hortícolas.

1.3 Compostagem

A compostagem é um processo biológico de decomposição, realizado por microrganismos, em que o material orgânico de origem vegetal ou animal (estrumes, folhas, papel, restos de comida e outros resíduos) são convertidos num material estabilizado, denominado de composto (Rynk *et al.*, 1992; Brito, 2007). É o mesmo processo que decompõe folhas e outros materiais orgânicos na natureza mas que se processa de forma mais acelerada porque na compostagem é possível controlar as condições ideais para o crescimento dos microrganismos que decompõem a matéria orgânica (Rynk *et al.*, 1992). Segundo Golueke (1981), a compostagem é um processo biológico controlado no qual ocorre estabilização de matéria biodegradável, resultando um produto semelhante a húmus, o qual pode ser utilizado como corretivo do solo ou fertilizante.

O composto pode ser utilizado na preparação de corretivos orgânicos do solo e de substratos para as culturas (Brito, 2007), sendo um importante fertilizante em agricultura biológica na medida em que permite manter ou aumentar o conteúdo em matéria orgânica do solo (Evanylo *et al.*, 2008).

De acordo com Brito (2007), o objetivo da compostagem é converter o material orgânico que não está em condições de ser incorporado no solo num fertilizante orgânico, sem sementes viáveis de infestantes ou microrganismos patogénicos, nem quantidades de metais pesados ou moléculas orgânicas que prejudiquem a qualidade do solo. Segundo Furrer e Gupta (1983), a aplicação de um composto melhora a estrutura do solo, o que por

sua vez aumenta o arejamento, a permeabilidade, a capacidade de retenção de água, a estabilidade dos agregados e a resistência à erosão.

No processo de compostagem é essencial a adequada seleção do sistema de compostagem, assim como a escolha do local e dos materiais a utilizar. Para que se processe a compostagem é necessária água, oxigénio, carbono orgânico e nutrientes para estimular o crescimento microbiano. No processo de compostagem, os microrganismos decompõem a matéria orgânica e produzem dióxido de carbono (CO_2), água, calor e húmus (Brito, 2003).

Existem vários tipos de pilhas e contentores que são utilizados na compostagem, e a sua escolha depende do sistema pretendido. O processo de compostagem mais comum é conduzido em pilhas de compostagem por um período geralmente superior a 3 meses, seguido por mais 3 meses para maturação do composto. Na construção de uma pilha é frequente utilizar uma mistura de materiais ricos em carbono com outros ricos em azoto. Os materiais ricos em carbono (materiais lenhosos) fornecem a matéria orgânica e a energia para a compostagem e os materiais azotados (folhas verdes, estrumes animais, urinas, solo, restos de hortícolas, etc.) aceleram o processo de compostagem, porque o azoto é necessário para o crescimento microbiano. (Brito, 2003).

O processo de compostagem inicia-se assim que os materiais são colocados na pilha com os microrganismos a consumir o substrato e o oxigénio existente. À medida que a quantidade de oxigénio diminui na pilha, a decomposição aeróbia diminui e pode eventualmente parar, caso o oxigénio não seja repostado. O arejamento da pilha é, desta forma, necessário, e pode ser feito de forma passiva ou forçada. O revolvimento da pilha é necessário para um bom arejamento, já que permite restaurar os espaços vazios, para que o ar possa difundir-se entre os materiais mais facilmente (Rynk *et al.*, 1992).

A pilha de compostagem não deve ficar exposta diretamente ao sol ou ao vento, para que não seque; nem à chuva, para minimizar a lixiviação de nutrientes; e o local escolhido para a compostagem deve ser próximo daquele em que o composto irá ser utilizado. A diminuição de peso e volume causada pela compostagem dos materiais orgânicos resulta num aumento da concentração de nutrientes e reduz a necessidade em espaço para armazenamento e transporte (Brito, 2003).

Durante o processo de compostagem, cerca de metade do volume da pilha será perdido com a decomposição dos materiais (Brito, 2003).

1.3.1 Fatores condicionantes do processo de compostagem

1.3.1.1 Microrganismos

O processo de compostagem é marcado por uma contínua mudança das espécies de microrganismos envolvidos devido às modificações nas condições do meio, sendo praticamente impossível identificar todos os presentes. Durante a compostagem há uma sucessão de predominância de microrganismos de acordo com a influência de determinados fatores, como por exemplo, presença de substâncias químicas, nutrientes, teor de humidade, disponibilidade de oxigénio, temperatura, relação carbono/azoto e o pH. As combinações desses fatores proporcionam o crescimento mais rápido de determinados microrganismos, fazendo com que esses predominem no meio durante determinada fase do processo.

De acordo com Oliveira (2000), na primeira fase da decomposição dos resíduos orgânicos predominam bactérias mesófilas, que são responsáveis pela hidrólise inicial da matéria orgânica mais facilmente biodegradável, promovendo a libertação de calor na massa de compostagem. Com a progressão da reação e o aumento da temperatura, os organismos mesófilos são substituídos por termófilos.

Durante todo o processo ocorre produção de calor, com libertação de CO₂ e de vapor de água, resultantes do metabolismo exotérmico dos microrganismos. A evaporação de água é favorecida pelo aumento da temperatura gerada no interior da massa em compostagem.

1.3.1.2 Relação carbono/azoto

O carbono e o azoto são elementos fundamentais para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica. O carbono funciona como fonte de energia e de construção, e o azoto é fundamental para a síntese de proteínas, ácidos nucleicos e aminoácidos.

A relação carbono/azoto (C/N) mais favorável para iniciar o processo de compostagem é 30/1 (Brito, 2003). Apesar da grande diferença entre as necessidades de cada elemento, a carência de azoto é limitante no processo por ser essencial para o crescimento e reprodução dos microrganismos. Quando parte do carbono disponível é de difícil degradação, como a celulose, a lenhina e a hemicelulose, é aconselhável uma relação C/N inicial maior de que 30, pois o carbono biodisponível é inferior ao carbono total.

As perdas de azoto podem ser muito elevadas durante o processo de compostagem dos materiais orgânicos, particularmente quando faltam os materiais com elevada relação C/N. Para Lampkin (1990) é necessário uma relação C/N de 25 a 35 para uma boa compostagem. Para relações C/N inferiores, o azoto fica em excesso e poderá ser perdido como amoníaco causando odores desagradáveis. Para relações C/N mais elevadas, a falta de azoto irá limitar o crescimento microbiano e o carbono não será todo degradado levando a que a temperatura não aumente e a que a compostagem se processe mais lentamente.

A condução da compostagem também afeta de maneira significativa a concentração de nutrientes durante o processo de compostagem (Valente *et al.*, 2009). O controlo de fatores como o arejamento, humidade ou temperatura pode impedir perdas de nutrientes desnecessárias por volatilização ou lixiviação.

1.3.1.3 Humidade

O processo de compostagem tende a ser um processo de secagem, já que as temperaturas elevadas que se atingem no interior da pilha provocam a evaporação de água. Assim, é conveniente iniciar a compostagem com elevados valores de humidade, e à medida que se colocam as camadas dos materiais poderá ser necessário ir regando.

De acordo com Brito (2003), a presença de água é imprescindível para a atividade metabólica e fisiológica dos microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, pelo que a humidade considerada ideal para a compostagem varia entre 50 e 60%. Teores de humidade abaixo dos 30% inibem a atividade microbiana, enquanto um meio com humidade acima de 65% proporciona uma decomposição lenta, condições de anaerobiose e lixiviação de nutrientes. Segundo Augustin e Rahman (2010), o teor de humidade deve estar entre 40 e 65%.

O valor ótimo de humidade inicial para a compostagem varia de acordo com a natureza dos materiais a compostar. O excesso de humidade reduz a condução do oxigénio na pilha, uma vez que a matéria orgânica decomposta é adsorvente e as moléculas de água aderem fortemente à superfície das partículas, saturando os seus micro e macro poros, afetando as propriedades físicas e químicas do composto (Brito, 2003).

1.3.1.4 Arejamento

A compostagem é um processo biológico aeróbio, pelo que os microrganismos devem ter oxigénio disponível para realizar os seus processos metabólicos e respiratórios.

Os microrganismos aeróbios conseguem sobreviver em atmosferas com 5% de oxigénio. No entanto, abaixo de 10% de oxigénio, este elemento poderá ser limitante. Quando o nível de oxigénio fica abaixo de 5%, criam-se zonas de anaerobiose. Se a atividade anaeróbia não for excessiva, a pilha de compostagem funcionará como um filtro que impedirá a libertação dos gases com maus odores que posteriormente serão degradados no seu interior (Brito, 2003). Se a atividade anaeróbia for intensa ocorrem odores desagradáveis e a libertação de gases com efeito de estufa, como o metano e óxido nitroso.

Em oposição ao que ocorre na compostagem anaeróbia, a presença de oxigénio na massa faz com que ocorra uma decomposição mais rápida da matéria orgânica. No entanto, se o arejamento for muito intenso poderá haver perdas de calor e humidade que poderão ser limitantes à decomposição da matéria orgânica.

1.3.1.5 pH

Os principais materiais de origem orgânica utilizados como matéria-prima na compostagem são de natureza ácida, como restos de vegetais, urina, fezes, entre outros. Dessa forma, em geral, uma pilha de matéria orgânica tem inicialmente reação ácida.

O pH do composto pode ser indicativo do estado de decomposição dos materiais. Durante as primeiras horas de compostagem, o pH decresce até valores próximos 5. Este decréscimo no pH é fundamentalmente da responsabilidade da flora mesófila e corresponde à formação de ácidos orgânicos e à intensa libertação de CO₂. Posteriormente, o pH aumenta gradualmente com a evolução do processo de compostagem devido à produção de amónia durante a mineralização. A estabilização do composto ocorre como consequência do abrandamento das reações, alcançando, finalmente, valores entre 7 e 8. Assim, valores baixos de pH são indicativos de falta de maturação devido à curta duração do processo ou à ocorrência de processos anaeróbios no interior da pilha em compostagem (Brito, 2003). No entanto, de acordo com Valente et al. (2009), o pH ácido dos resíduos orgânicos é um fator que não deve ser levado em consideração quando se procura estabelecer condições adequadas para o desenvolvimento da compostagem, já que durante

o processo ocorrem diversas reações químicas do tipo ácido-base e de oxidação-redução que irão regular esta acidez, gerando um produto final com pH entre 7,0 e 8,5.

1.3.1.6 Temperatura

A temperatura é um dos fatores mais importantes para determinar se a operação de compostagem se processa como desejável. A produção de calor é um indicativo da atividade biológica na pilha de composto e, por isso, indiretamente, do seu grau de decomposição. Isso ocorre pelo facto do metabolismo dos microrganismos responsáveis pela compostagem ser exotérmico. A produção de calor depende da velocidade a que a decomposição se processa, e esta depende do teor de humidade, arejamento, relação C/N da mistura dos materiais, da forma e do tamanho da pilha de compostagem e da temperatura ambiente (Brito, 2003).

Os grupos de microrganismos têm uma faixa de temperatura ótima de desenvolvimento. O controlo da temperatura é muito importante, já que uma variação pode provocar uma redução da população microbiana e da sua atividade metabólica (Oliveira, 2000).

A multiplicação rápida de microrganismos mesófilos dá origem a um aumento da temperatura e à entrada em atividade dos termófilos. As altas temperaturas são desejáveis pelo facto de destruírem sementes de infestantes, esporos, e quase todos os microrganismos patogénicos, os quais são poucos resistentes a temperaturas de 50 a 60°C, ou superiores. No entanto, a temperatura da pilha não deve ultrapassar os 65°C, já que a essa temperatura os microrganismos benéficos ao processo de compostagem são eliminados (Brito, 2003). Segundo Trautmann e Olynciw (1996), a temperatura evolui ao longo do processo de compostagem sendo identificadas 3 fases distintas:

- (1.^a) Fase mesófila: é a fase em que predominam temperaturas moderadas, até cerca de 40 °C. Tem duração média de dois a cinco dias.
- (2.^a) Fase termófila: quando o material atinge sua temperatura máxima (> 40 °C) e é degradado mais rapidamente. Esta fase pode ter a duração de poucos dias a vários meses, de acordo com as características do material a compostar.
- (3.^a) Fase de arrefecimento e maturação: é marcada pela queda da temperatura para valores da temperatura ambiente, é o período de estabilização que produz um composto maturado, altamente estabilizado e humificado, livre de toxicidade.

De acordo com Rynk *et al.*(1992), durante o período de compostagem, a temperatura diminui caso o oxigénio se torne escasso, o que diminui a atividade microbiana. A temperatura voltará a subir após revolvimento ou arejamento da pilha. Se o oxigénio estiver disponível e a atividade microbiana for intensa, a temperatura pode subir até um ponto em que se torna prejudicial para os microrganismos. Assim, arrefecer a pilha através do revolvimento e do arejamento previne o aquecimento excessivo que provoca estes danos na população microbiana.

A temperatura pode variar muito em função do material a compostar e das trocas térmicas. A composição química e estrutura física dos materiais envolvidos na compostagem determinam a velocidade da sua decomposição e as variações da temperatura ao longo do processo.

1.3.1.7 Dimensão das partículas

Segundo Brito (2003), a dimensão das partículas dos materiais deve ser entre 1,3 cm e 7,6 cm, embora o ideal é que os materiais utilizados na compostagem não tenham dimensões superiores a 3 cm de diâmetro. Quanto menor for o tamanho das partículas, maior é a sua superfície específica, e portanto, mais fácil é o ataque microbiano ou a disponibilidade biológica das partículas mas, em contrapartida, aumentam os riscos de compactação e de falta de oxigénio.

A dimensão das partículas tem grande importância na percentagem de humidade retida e no arejamento da massa. Partículas muito pequenas implicam reduzidos tamanhos dos poros e pouca difusão de oxigénio e CO₂, embora apresentem maiores superfícies por unidade de volume, favorecendo a degradação dos compostos orgânicos. As partículas de maior tamanho são indicadas para a compostagem com pouco revolvimento da pilha.

1.3.1.8 Dimensão das pilhas

A forma e o tamanho da pilha de compostagem também influenciam a velocidade do processo de compostagem, designadamente pelo efeito que têm sobre o arejamento e a dissipação do calor da pilha. O tamanho ideal da pilha pode ser variável, embora o volume de 1,5×1,5×1,5 m³ tenha sido considerado conveniente para materiais diversos (Brito, 2003).

Pilhas mais altas permitem conservar melhor o calor e a humidade. No entanto, se forem demasiado altas, é dificultado o arejamento e a temperatura pode atingir valores excessivos e matar os organismos responsáveis pela compostagem. Assim, as dimensões da pilha devem ser ajustadas às condições do local, como a temperatura ambiente.

1.3.2 Maturação do composto

Existem vários métodos para avaliar a maturação dos materiais em compostagem. No entanto, não existe ainda nenhum método universal e absoluto, já que tem que se levar sempre em consideração o tipo de matérias-primas iniciais utilizadas no processo de compostagem. Isto porque as características do composto (temperatura, pH, ...) variam consoante os materiais compostados (Rynk *et al.*, 1992).

Os métodos desenvolvidos para avaliar a maturação dos compostos orgânicos baseiam-se maioritariamente em ensaios químicos e biológicos (Brito, 2003). Alguns destes métodos poderão ser determinados em análises laboratoriais e outros *in loco*. De acordo com Rynk *et al.* (1992), é necessário garantir que a amostra representa o material a analisar.

Para Iannotti *et al.* (1993) os parâmetros mais adequados para avaliar o grau de maturação do composto são os ensaios de germinação e de crescimento de plantas e, outros parâmetros, como o consumo de oxigénio e a produção de CO₂ ou o calor libertado como resultado da atividade microbiana, são mais apropriados para a determinação da estabilidade.

Segundo Gonçalves e Baptista (2005), um composto maturado é o produto resultante do processo de compostagem, em que a fração orgânica se encontra higienizada, em adiantada fase de humificação e a potencialidade de se decompor é reduzida.

A relação C/N tem sido tradicionalmente utilizada como um bom indicador do grau de decomposição dos materiais orgânicos. No entanto, a relação C/N não pode ser considerada um indicador absoluto do estado de maturação de um composto, e terá de ser interpretada sempre de acordo com as características iniciais dos materiais orgânicos (Brito, 2003).

A temperatura da pilha também pode ser um bom indicador da maturação do composto. A diminuição de alimento disponível promove a diminuição da atividade microbiana sendo a libertação de calor menor, pelo que a temperatura na pilha também vai baixando, até atingir a temperatura ambiente (Oliveira, 2000).

A razão $\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$ também pode ser um valor indicativo da maturação dos compostos: valores inferiores a 1 são indicativos de um composto maturado (Larney e Hao, 2007).

A aplicação de um composto não estabilizado ao solo pode causar imobilização microbológica do azoto, pode ainda provocar um decréscimo na concentração de oxigénio no solo, criando um ambiente redutor, que provoca cheiro desagradável, inibe a germinação de sementes e interfere negativamente no desenvolvimento das plantas.

1.3.3 Utilização do composto

Os compostos orgânicos podem ter vários usos na agricultura, podem nomeadamente ser utilizados como corretivos dos solos, como adubos orgânicos ou usados como substratos para plantas.

A utilização de composto na agricultura depende principalmente de qualidade do composto, especialmente do conteúdo em matéria orgânica, grau de estabilidade e de maturação, concentração em nutrientes e da existência ou inexistência de substâncias potencialmente perigosas e indesejáveis ao ambiente (Zucconi *et al.*, 1981).

A qualidade de um composto depende do seu teor de matéria orgânica na matéria seca, teor de nutrientes, concentração em metais pesados, pH, presença de patogénicos, presença de materiais inertes, etc.

Segundo Santos (2002) e Brito (2007) as principais características químicas e biológicas a considerar para aplicar os compostos no solo são:

- Características químicas: elevada percentagem de matéria orgânica, baixa razão C/N, pH neutro ou ligeiramente alcalino, elevada capacidade de troca catiónica, baixa condutividade elétrica, maior concentração de azoto nítrico do que amoniacal, elevada concentração de nutrientes, baixa concentração de metais pesados, e ausência de poluentes orgânicos;
- Características biológicas: efeitos positivos na germinação das sementes, no crescimento e composição vegetal, e na capacidade de melhorar a fertilidade biológica do solo.

1.3.3.1 Corretivos do solo

Os corretivos orgânicos são utilizados com o objetivo de aumentar ou manter o teor de matéria orgânica no solo. Estes desempenham um papel primordial na estrutura e fertilidade do solo (Santos, 2002).

A utilização de composto como corretivo orgânico é altamente vantajosa nos principais sistemas agroflorestais, pois:

- Promove a agregação dos minerais do solo e consequentemente uma melhoria da sua estrutura, aumentando a resistência aos processos de erosão;
- Aumenta o arejamento e a capacidade de absorção e retenção de água, regulando o fluxo hídrico do solo e prevenindo fenômenos de compactação e alagamento;
- Aumenta a eficiência da utilização de fertilizantes, permitindo a redução da sua aplicação e ao potenciar a absorção de nutrientes;
- Melhora o desenvolvimento do sistema radicular das plantas;
- Estimula o desenvolvimento de fauna e flora favorável no solo;
- Aumenta a capacidade tampão do solo regulando as variações de pH e amenizando os efeitos da salinidade sobre as plantas, nomeadamente devido ao excesso de sódio.

Os corretivos orgânicos apresentam, quase sempre, elementos nutritivos que lhe conferem uma ação fertilizante direta, no entanto a sua função principal, e que os distingue dos adubos, manifesta-se de forma indireta através de uma melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Santos, 2002).

Os corretivos orgânicos tem uma ação mais lenta sobre as plantas que os adubos, atuando mais nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Ferreira *et al.*, 1998).

A Proposta de Regulamentação sobre a Qualidade do Composto para Utilização na Agricultura (Gonçalves e Baptista, 2001) indica valores de referência para avaliar a qualidade de um composto e a sua utilização como corretivo do solo (Quadro 1.1).

Quadro 1.1 – Valores de referência para os corretivos orgânicos segundo a proposta de regulamentação de Gonçalves e Baptista (2001).

Parâmetros avaliados	Valores de referência
Humidade	< 40%
Matéria orgânica	> 30%
pH	5,5-8,5
Condutividade elétrica	< 2 dS·m ⁻¹
Azoto amoniacal	< 400 mg·kg ⁻¹

1.3.3.2 Adubo orgânico

Os adubos orgânicos são produtos de natureza orgânica proveniente de resíduos animais e/ou vegetais e que, portanto, contêm necessariamente elevados teores de matéria-orgânica.

Para que um produto seja considerado adubo é necessário que possua determinados teores de nutrientes, sobretudo macronutrientes que o distingam dos corretivos orgânicos. No Quadro 1.2 são apresentados os valores mínimos de nutrientes e matéria orgânica que um produto deve ter para ser considerado adubo orgânico, segundo a norma NP 1048 de 1990.

A presença de matéria orgânica faz com que os adubos orgânicos, em relação aos minerais, tenham a vantagem de veicularem para os solos aquele importante fator de fertilidade. No entanto, é conveniente ter em atenção que esta matéria orgânica, muitas vezes com uma baixa razão carbono/azoto, vai mineralizar-se rapidamente e, sobretudo quando na sua composição não intervenham substâncias vegetais, o contributo para a formação de húmus poderá ser muito reduzido (Santos, 2002).

Quadro 1.2 – Teores de nutrientes e matéria orgânica que um produto deve ter para ser considerado adubo, segundo a norma NP 1048 de 1990.

Adubo orgânico segundo a norma NP 1048 de 1990	N _{orgânico}	P ₂ O ₅	K ₂ O	N+P ₂ O ₅ +K ₂ O	Matéria orgânica
Adubo orgânico azotado	>3%	-	-	-	>50%
Adubo orgânico azotado NPK	>2%	>2%	>2%	>10%	>50%
Adubo orgânico NP	>2%	>3%	-	>6%	>50%
Adubo orgânico NK	>3%	-	>6%	>10%	>50%

1.4 Substratos agrícolas

Qualquer material natural ou artificial, puro ou em mistura, quando colocado num recipiente que permita a fixação do sistema radicular e possibilite o suporte das plantas pode ser considerado um substrato agrícola. Um substrato é formado pela fase sólida, que constitui uma estrutura no qual se encontram os poros ou espaços vazios e que garante suporte ao sistema radicular; fase aquosa, que contém elementos minerais em solução e que garante água e nutrientes à planta, e fase gasosa, cuja composição depende das trocas com atmosfera, da atividade do sistema radicular e dos microrganismos existentes no substrato. Os substratos orgânicos são produtos com características adequadas para produção de plantas em viveiro, sendo os mais comuns as turfas e as misturas destas com compostos orgânicos.

A diminuição das reservas de turfas torna necessário a procura de materiais alternativos para a formulação de substratos. Os compostos resultantes da compostagem da casca de pinheiro têm sido usados para substituir parcialmente a turfa nos substratos, no entanto, este material tem a desvantagem de contribuir para a imobilização do azoto do substrato durante a sua decomposição. Em contrapartida, os compostos de resíduos verdes podem disponibilizar azoto e outros nutrientes durante a decomposição.

Os compostos e materiais vegetais verdes exigem algum esforço de preparação mas disponibilizam nutrientes, em particular micronutrientes, aumentam a CTC e podem contribuir para corrigir o pH dos substratos. Apesar da recomendação de não ultrapassar 30% (v/v) nas misturas, este valor depende muito da qualidade do composto. A sua heterogeneidade é um problema para a generalização do seu emprego, obrigando à definição de materiais e tecnologia a usar com o objetivo de obter compostos de qualidade uniforme (Reis, 2007).

O desenvolvimento e a atividade do sistema radicular de plantas depende das características genéticas das plantas, mas também das propriedades físicas e químicas do substrato utilizado. Por isso, a caracterização física e química dos substratos é necessária para a sua correta formulação e também para a monitorização da rega e das adubações (Brito, 2011).

As propriedades químicas comumente utilizadas para a caracterização química de um substrato são o pH, a capacidade de troca catiónica, a salinidade, teor de nutrientes e o teor de matéria orgânica nele presente.

1.4.1 Valor de pH

O pH do substrato tem grande importância para o crescimento das plantas. Este está relacionado sobretudo com a disponibilidade de nutrientes para as plantas, bem como com as propriedades fisiológicas das plantas.

Segundo Brito (2011), um valor baixo de pH pode contribuir para um excesso de micronutrientes e aumentar assim os riscos de fitotoxicidade. Pelo contrário, um valor de pH excessivamente alcalino pode precipitar os micronutrientes e torná-los indisponíveis para as plantas, aumentando, assim, os riscos de uma deficiência em micronutrientes. Para a maioria das culturas em viveiro o intervalo que pH mais favorável situa-se entre 5,4 e 6,4 (Brito, 2011). Para substratos com predominância de matéria orgânica, a faixa de pH recomendada é de 5 a 5,8 (Kämpf, 2005). As características genéticas de diferentes plantas conferem tolerâncias diferentes aos valores de pH.

1.4.2 Condutividade elétrica (CE)

A condutividade elétrica expressa a quantidade de sais (salinidade) contida na solução do substrato em função dos iões condutores de corrente elétrica dissolvidos na água. A condutividade elétrica expressa-se em $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ou $\text{mmho}\cdot\text{cm}^{-1}$.

A salinidade de um substrato pode afetar negativamente a cultura. Quando a condutividade é muito elevada podem verifica-se alguns efeitos negativos, como o aumento da pressão osmótica e consequente diminuição da absorção dos nutrientes (Sonneveld, 2000). Reis (2007) refere que a condutividade elétrica recomendada para os substratos deverá situar-se entre 0,75 e 2 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. No entanto Abad (2001) refere que a condutividade elétrica ótima para substratos orgânicos deverá ser inferior a 0,5 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. A CE elevada nos substratos é principalmente prejudicial para a germinação das sementes e o crescimento das raízes jovens.

1.4.3 Teor de matéria orgânica

A matéria orgânica é um componente essencial para a fertilidade de um substrato. Os compostos podem ser uma boa forma de introduzir a matéria orgânica. A matéria orgânica humificada contribui para o poder tampão evitando as variações bruscas de pH (Moreno *et al.*, 1993). A matéria orgânica, principalmente a fração humificada influencia favoravelmente a fertilidade física, química e biótica (Santos, 2002).

Muitas propriedades importantes dos substratos orgânicos dependem da matéria orgânica, nomeadamente a retenção e o movimento da água, a adsorção e troca de catiões, a capacidade para o fornecimento de nutrientes às plantas, a estabilidade da agregação, e a intensidade da atividade biológica. Abad (2001) refere que a percentagem de matéria orgânica para os substratos orgânicos utilizados em vasos deve ser superior a 80%.

1.4.4 Teor de nutrientes

O teor de nutrientes e a sua disponibilidade é um dos fatores que influencia a escolha de um determinado substrato orgânico para o crescimento de plantas, o excesso de nutrientes pode ter efeitos tóxicos sobre as culturas e o défice pode ter efeitos na produtividade. A disponibilidade de nutrientes no meio de cultura não depende exclusivamente da composição elementar desses substratos. Outros fatores, tais como a capacidade de adsorção (dependente do pH), o pH, a mineralização dos substratos, e a presença de compostos orgânicos solúveis podem afetar a disponibilidade de nutrientes. Deste modo existe uma relação incerta entre a composição química do substrato e o estado nutricional de plantas (Caballero *et al.*, 2007).

Alguns nutrientes são necessários em grande quantidade para o crescimento das plantas, são chamados os macronutrientes, os principais são: o azoto, o fósforo e o potássio. Os macronutrientes secundários também são necessários em grande quantidade. Os macronutrientes secundários são o cálcio, o magnésio e o enxofre.

Os micronutrientes são elementos essenciais ao crescimento das plantas, mas são necessários em quantidades reduzidas e o seu excesso poderá ser tóxico para as mesmas. Nos micronutrientes estão incluídos o ferro, o manganês, o zinco, o cobre, o boro, o molibdénio e o cloro.

1.5 Necessidades edafo-climáticas e de fertilização da alface e da couve

1.5.1 Alface

A alface é uma espécie anual com ciclo relativamente curto, cuja duração depende da cultivar, da região e da época de produção. O ciclo cultural em estufa dura cerca de 6 a 8 semanas na época de Primavera-Verão e 10 a 12 semanas durante o Inverno (Almeida, 2006).

Temperaturas médias de 15 a 20 °C são consideradas ótimas para a produção da grande maioria das cultivares de alface (Almeida, 2006). As temperaturas médias na ordem dos 7 °C reduzem muito o crescimento da alface.

A alface pode ser cultivada com sucesso em diversos tipos de solo, embora prefira solos frescos e bem drenados, sendo que cresce melhor em solos de textura franca ou argilosa, ricos em matéria orgânica. Os solos arenosos devem ser reservados para a cultura de Inverno (Almeida, 2006).

A sensibilidade da alface à salinidade é moderada e tem como máximo admitido, sem que haja redução de produtividade, o valor de 1,3 dS·m⁻¹, podendo a sensibilidade variar com as cultivares. A alface é sensível à acidez e o pH ótimo situa-se entre 6,5 e 7,2. (Almeida, 2006). Para Ferreira *et al.* (1998), o pH ótimo para a alface situa-se entre 5,5 e 7.

A alface é relativamente pouco exigente em nutrientes, embora devido ao fraco desenvolvimento do seu sistema radicular e rápido crescimento necessite de nutrientes facilmente disponíveis na camada superficial do solo e num curto período de tempo (Almeida, 2006).

1.5.2 Couve

A espécie *Brassica oleracea* é extremamente polimórfica (Almeida, 2006). Na designação genérica de couves de repolho são incluídas todas as couves que formam um único repolho terminal, estando neste caso todas as formas da variedade botânica *Brassica oleracea* L. var. *capitata* L., na qual se inclui a couve-repolho, couve-branca, couve-coração, couve-roxa e couve-lombarda (Almeida, 2006).

As couves de repolho são culturas microtérmicas de estação fria, moderadamente tolerantes à geada, sendo que a melhor qualidade é obtida em regiões com temperaturas uniformes da ordem dos 15-20 °C, uma vez que temperaturas superiores a 25 °C prejudicam a forma e a firmeza do repolho (Almeida, 2006). As couves são plantas indiferentes ao fotoperíodo.

As couves de repolho preferem solos de textura média ou argilosa, bem drenados para plantações de Verão-Outono e solos mais leves (que aquecem mais facilmente) para cultura de Outono-Primavera (Almeida, 2006).

A sensibilidade das couves de repolho à salinidade é moderada, e tem como limite, sem que haja redução de produtividade, o valor de $1,8 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Almeida (2006) refere o intervalo ótimo de pH para a couve repolho entre valores de 6,5 a 7,5, cuja tolerância à acidez é reduzida. Para Ferreira *et al* (1998), o intervalo ótimo de pH situa-se entre 6 e 7.

Segundo Lopes e Simões (2007) os solos devem ter bom poder de retenção de água e boa drenagem, serem ricos em matéria orgânica, com pH entre 5,5 e 7,0 e condutividade elétrica inferior a $0,4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, determinada no extrato aquoso (proporção solo/água de 1:2). Os solos ácidos favorecem o aparecimento da potra ou hérnia da couve (*Plasmodiophora brassicae* Voronin).

As couves de cabeça são exigentes no que diz respeito à fertilidade do solo, influenciando assim a produtividade e a qualidade das mesmas. O azoto é especialmente importante na fase inicial da formação do repolho, no entanto o excesso de azoto dificulta a formação do repolho e pode reduzir a percentagem de matéria seca, sendo que a aplicação de azoto deve ser fracionado (Almeida, 2006). O fósforo e o potássio são igualmente importantes na fase de crescimento das folhas externas, devendo a sua aplicação ser ajustada em função da fertilidade do solo. Esta cultura é sensível a carências de molibdénio em solos ácidos, de boro em solos alcalinos e de enxofre ($100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) (Almeida, 2006).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Formulação dos substratos

Na formulação dos substratos utilizaram-se compostos de duas pilhas de compostagem: pilha A e pilha B. A pilha A foi revolvida cinco vezes ao longo do período de compostagem, enquanto a pilha B sofreu revolvimento por três vezes. Estas pilhas foram de formato cônico e foram constituídas utilizando *Acacia longifolia* e *Acacia melanoxylon* trituradas e crivadas (partículas <40 mm) nas proporções de 60% e 40% (v/v), respetivamente, sendo as restantes espécies residuais.

Os substratos foram constituídos com base no substrato comercial Siro Plant composto por turfa (30% em volume) e composto de casca de pinheiro, e doses crescentes de composto de acácia em substituição do composto de casca de pinheiro.

Nos substratos com fertilizante utilizaram-se 2 kg·m⁻³ de mistura de vários adubos de libertação controlada (20:10:8 + micro): cerca de 33% com uma libertação até 3-4 meses, outros 33% até 5-6 meses e o restante terço até 9 meses. As misturas de Siro Plant (sem adubo (S) ou com adubo (C)) com compostos de acácia A e B em substituição do composto de casca de pinheiro (v/v) incluíam doses crescentes do composto de acácia em substituição de composto de pinheiro, designadamente: 30%, 60% e 100% em volume. Resultando os seguintes doze tratamentos: A30S, A60S, A100S, A30C, A60C, A100C, B30S, B60S, B100S, B30C, B60C e B100C. O total de tratamentos (17) inclui ainda Siro Plant com adubo e sem adubo, substratos apenas com o composto de acácia A ou B, e solo sem substrato ou composto. Os valores referentes à percentagem de substituição de composto de casca de pinheiro por composto de acácia de 30%, 60% e 100% em volume, corresponderam a valores de 21, 42 e 70% do composto no substrato, considerando que todos os substratos possuíam 30% de turfa.

2.2 Determinação do pH e da condutividade elétrica

O pH e a condutividade elétrica foram determinados a partir de extratos preparados com 20 cm³ de amostra em 100 cm³ de água destilada. A solução foi agitada durante uma hora de forma a garantir uma maior homogeneização. Depois de filtrada, procedeu-se às medições utilizando-se um potenciómetro (PW 9442 ion selective meter, Philips) e um

condutivímetro elétrico (Conductimeter 522, Crison Instruments, S.A.) para a determinação do pH e da CE, respetivamente.

2.3 Determinação da matéria orgânica no solo

O método usado para determinar a matéria orgânica total do solo consistiu em dosear o carbono orgânico total e multiplicar o valor que lhe corresponde por 1,724 (este fator foi estabelecido admitindo que a matéria orgânica contém aproximadamente 58% de carbono).

O procedimento prático consistiu em colocar 0,5 g de amostra de solo num erlenmeyer de 250 ml, ao qual se adicionou 20 ml de solução de dicromato de sódio ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 0,4M, misturando-se solo-solução. Em seguida, ferveu-se a solução moderadamente durante duas horas sobre a placa elétrica. Depois de arrefecer adicionaram-se 100 ml água destilada. Juntaram-se depois 4 ml de solução indicadora de oxidação-redução e titulou-se o excesso de dicromato com a solução de solução de sulfato de ferro amoniacal (Sal de Mohr) 0,4 N (a solução que de início tem uma coloração castanho escuro, passa a azul escuro acinzentado, e ao aproximar-se o final da reação toma um coloração azul esverdeado, sendo o ponto final marcado pelo aparecimento dum verde esmeralda). Registou-se o volume (V) de sal de mohr gasto.

Efetuuou-se um ensaio em branco empregando areia tratada em vez da amostra de solo, procedendo-se como para a amostra de solo. Registou-se o volume de solução gasto na titulação (V_1). A diferença entre o valor da titulação do ensaio em branco V_1 e o valor da titulação do ensaio desconhecido V dá o valor do dicromato de sódio gasto na oxidação do carbono oxidável.

Para determinar a percentagem de carbono oxidável usou-se a seguinte formula:

$$\frac{V_1 - V}{m} \times f \times 100$$

em que V_1 é o volume (em cm^3) de sulfato ferroso gasto no ensaio em branco (este valor coincide com o volume de dicromato utilizado quando o sulfato ferroso tem exatamente o mesmo título); V é o volume (em cm^3) de sulfato ferroso gasto no ensaio com a amostra de terra; m é a massa de terra (em gramas); f é o fator de conversão de dicromato de sódio em carbono (0,0012) (1 cm^3 solução de dicromato de sódio 0,4N 0,0012g de carbono oxidável).

2.4 Determinação da matéria orgânica nos substratos

Para determinar a matéria orgânica nos substratos usou-se o método de calcinação. Pesaram-se 5 g de amostra seca e moída para cadinhos calcinados. Os cadinhos foram colocados em estufa (WTC Binder) a 105 °C, até que o peso permanecesse constante, removendo assim a humidade na totalidade. As amostras secas foram depois colocadas na mufla (Nabertherm) a 550 °C durante 4 horas para serem calcinadas. Retirou-se os cadinhos da mufla e pesaram-se após arrefecimento num exsiccador, para impedir que aumentasse o teor de humidade das amostras calcinadas. A matéria orgânica foi determinada por diferença entre o peso da amostra seca e o peso das cinzas.

2.5 Determinação do teor de azoto pelo método Kjeldahl

O método Kjeldahl é baseado na decomposição da matéria orgânica através da digestão da amostra com ácido sulfúrico concentrado, em presença de sulfato de cobre como catalisador que acelera a oxidação da matéria orgânica. O azoto presente na solução ácida resultante é determinado por destilação por arraste de vapor, seguida de titulação com ácido diluído.

O procedimento prático consistiu em pesar 0,5 g de amostra e colocá-la num tubo de digestão, juntamente com 6 pérolas de vidro, 5 g de catalisador Kjeltabs e 20 mL de ácido sulfúrico 95-97%. Os tubos colocados no digestor (Heating Digester DK20, Velp Scientifica) foram sujeitos a 4 rampas de temperatura (1 - 150 °C durante 45'; 2 - 230 °C durante 30'; 3 - 270 °C durante 60' e 4 - 330 °C durante 95'). Depois de arrefecidos à temperatura ambiente, procedeu-se à destilação das amostras no destilador (Semi Automatic Destillation Unit UDK 139, Velp Scientifica), utilizando hidróxido de sódio a 40% e água destilada nas proporções de 100 e 30 mL, respetivamente, sendo o tempo de destilação 5 minutos e a intensidade de vapor de 80%. O destilado foi recolhido em balão de erlenmeyer juntamente com ácido bórico 4% e indicador vegetal (para 100 mL de indicador pesaram-se 0,66 g de vermelho de metilo e 0,33 g de verde de bromocresol). Como titulante utilizou-se o ácido clorídrico 0,1 N, registando-se o volume gasto na titulação do branco e das amostras.

O teor de azoto foi determinado através da seguinte fórmula:

$$N = (V \times f \times 0,014 \times 100)/p$$

sendo V o volume (em ml) de HCl gasto na titulação; f o título do HCl; p o peso da amostra; e 0,014 a massa (em gramas) de azoto que reage com 1 ml de HCl 1 mol dm⁻³.

2.6 Testes de germinação de semente

Para avaliar a fitotoxicidade dos substratos realizaram-se os biotestes de germinação utilizando-se semente de agrião (*Lepidium sativum*). Os extratos aquosos foram preparados a partir dos substratos Siro Plant com e sem adubo, dos compostos A e B e das misturas (30%, 60% e 100% de substituição de composto de casca de pinheiro por composto de acácia da pilha A e B com e sem adubo) com duas concentrações, 20% e 40% de substrato no extrato aquoso.

Prepararam-se as amostras através da mistura de 40 cm³ e 80 cm³ de substrato para concentrações de 20% e 40%, respetivamente, com água destilada a 60 °C de forma a obter 200 cm³ de solução, agitando-se em seguida durante 3 horas. Depois filtrou-se com filtro Whatman 413 até obter um extrato transparente. Os valores de pH e da CE foram determinados diretamente no extrato filtrado. Foram utilizadas placas de Petri forradas com papel de filtro (Whatman n.º 42), impregnado com 6 ml do extrato obtido na etapa anterior, tendo-se colocado 40 sementes de agrião (*Lepidium sativum*), que permaneceram durante 3 semanas em câmara escura a 28 °C. A contagem das sementes germinadas foi efetuada semanalmente. Utilizaram-se placas com água destilada como testemunhas.

2.7 Testes de crescimento da alface e da couve lombarda

Os ensaios foram realizados na estufa da Escola Superior Agrária de Ponte de Lima. Foram realizadas em vasos com 4 blocos casualizados e 16 formulações de substratos diferentes, e mais uma com solo da estufa. Utilizaram-se 76 vasos tanto para a alface como para a couve, com uma repetição por bloco, exceto para os substratos A0S=B0S e A0C=B0C em que foram utilizadas duas repetições por bloco.

2.7.1 Ensaio da alface

A cultivar utilizada no ensaio foi *Lactuca sativa* var. *crispa*. Os vasos utilizados tinham um volume de 7,75 dm³. Os 76 vasos foram cheios com os substratos com as formulações já referidas, sendo 4 deles cheios com solo da estufa e colocados numa bancada na estufa em blocos casualizados. A plantação foi efetuada no dia 2 de outubro de 2012. Durante o ciclo

vegetativo da alface até à colheita efetuaram-se regas periódicas de forma que a água não fosse um fator limitante.

A colheita da alface realizou-se no dia 8 de novembro de 2012, 37 dias após a plantação. Na colheita da alface apenas foi aproveitada a parte aérea da mesma, a qual foi pesada e de seguida colocada em sacos de papel devidamente identificados. Posteriormente, a alface foi colocada numa estufa de laboratório a 65 °C durante 3 dias para determinação do peso seco e restantes análises laboratoriais na matéria seca.

2.7.2 Ensaio da couve lombarda

A cultivar utilizada no ensaio foi *Brassica oleracea sabauda* L. Utilizaram-se 76 vasos idênticos aos da experiência da alface, que foram cheios com os substratos com as formulações já referidas e 4 deles foram cheios com solo da estufa e colocados numa bancada na estufa em blocos casualizados. Esta operação foi realizada no dia 22 de novembro de 2012, sendo a plantação efetuada no dia 10 de dezembro de 2012.

Durante o ciclo vegetativo da couve até à colheita efetuaram-se regas periódicas como referido para a alface.

Realizou-se um tratamento fitossanitário no dia 4 de janeiro de 2013 com um inseticida Condor cujo princípio ativo é imidaclopride. Este inseticida foi utilizado numa concentração de 50ml/100l. Para a pulverização foi utilizado um pulverizador de baixo volume.

Realizou-se igualmente um tratamento fitossanitário no dia 4 de janeiro de 2013 com o fungicida Ridomil Gold, cujo princípio ativo é o Mancosebe e metalaxil-M, para tratar o míldio. Este fungicida foi utilizado numa concentração de 250g/100l. Para a pulverização foi utilizado um pulverizador de baixo volume.

A colheita da couve realizou-se no dia 30 de janeiro de 2012, 51 dias após a plantação. Na colheita da couve apenas foi aproveitada a parte aérea da mesma (não se quantificaram as raízes) a qual foi pesada e analisada como referido para a alface.

2.8 Determinação do azoto e do fósforo

Para a determinação do azoto e do fósforo totais a amostra foi moída de forma a homogeneizá-la de seguida pesaram-se 0,2 g de amostra, e colocou-se em tubos de

digestão. Depois adicionaram-se 4 ml de ácido sulfúrico a 95-97% a cada tubo de digestão. Seguidamente adicionaram-se 3 ml de peróxido de hidrogénio a 30% (colocou-se 1 ml de cada vez). Posteriormente colocaram-se os tubos (com tampa para provocar o refluxo) no digestor programando para atingir duas temperaturas (60min-120 °C e 180min-180 °C). Depois de arrefecer adicionou-se água desionizada ultra pura até perfazer 50 ml. Finalmente filtrou-se e colocou-se em tubos para posteriormente serem quantificados os minerais. A quantificação dos minerais foi realizada na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro por espectrofotometria de absorção molecular.

2.9 Determinação de cálcio, potássio, magnésio e ferro

Para determinar os minerais Ca, K, Mg, e Fe foram necessárias várias etapas. As duas etapas iniciais consistiram na moagem da amostra, procurando homogeneizar a mesma, seguindo-se a destruição da matéria orgânica para libertação dos minerais nela contida. Para a destruição da matéria orgânica utilizou-se a digestão nitro-perclorica. Os passos seguidos foram os seguintes. Primeiro, para cada amostra, pesaram-se 0,2 g de amostra e colocou-se num tubo de digestão ao qual se acrescentaram 6 ml de ácido nítrico a 65%. Depois, os tubos (com tampa para provocar o refluxo) foram colocados no digestor e programou-se o digestor para a digestão com várias etapas de temperaturas (30min-50 °C, 30min-80 °C, 30min-150 °C, 30min-165 °C). Após a primeira digestão adicionaram-se 4 ml de ácido perclórico a 60% a cada um dos tubos, seguindo-se nova variação das temperaturas (30min-165 °C, 60min-180 °C, 60min-190 °C, 30min-200 °C). Depois de arrefecer adicionou-se água desionizada ultra pura até perfazer 50 ml. Finalmente filtrou-se o conteúdo do tubo de digestão e colocou-se em novos tubos para posteriormente serem quantificados os minerais. A quantificação dos minerais foi realizada na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro por espectrofotometria de absorção atómica exceto para o K que foi por fotometria de chama.

2.10 Tratamento estatístico

A análise estatística foi efetuada com o programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS, versão 17). O objetivo foi comparar os pesos e teores de nutriente das plantas produzidas com os vários substratos, e as diferentes características dos próprios substratos. Para tal, recorreu-se ao Modelo Linear Geral para realizar a análise de variância sendo selecionado um nível de significância de 5% para comparar as médias dos valores

obtidos com os diversos tratamentos. Neste teste, os parâmetros físico-químicos das plantas constituem as variáveis dependentes, sendo o tipo de substrato (tratamento) e o bloco as variáveis independentes (fatores fixos).

Sempre que a diferença entre grupos (valor do teste F entre tratamentos) foi significativa ao nível de 5%, foi aplicado o teste LSD para fazer a comparação entre médias de tratamentos.

.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

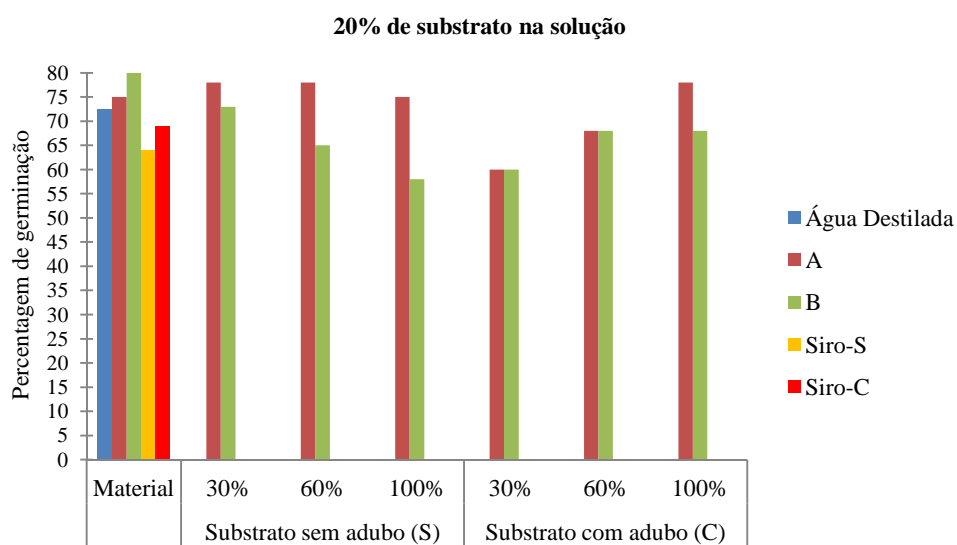
3.1 Testes de germinação

No teste de germinação para determinar a fitotoxicidade dos substratos no agrião (*Lepidium sativum* L.), verificou-se que as formulações de substrato apresentaram percentagens de germinação superiores a 50% (Figuras 3.1 e 3.2). No Quadro 3.1 apresentam-se os valores de pH e condutividade presentes nos extratos aquosos.

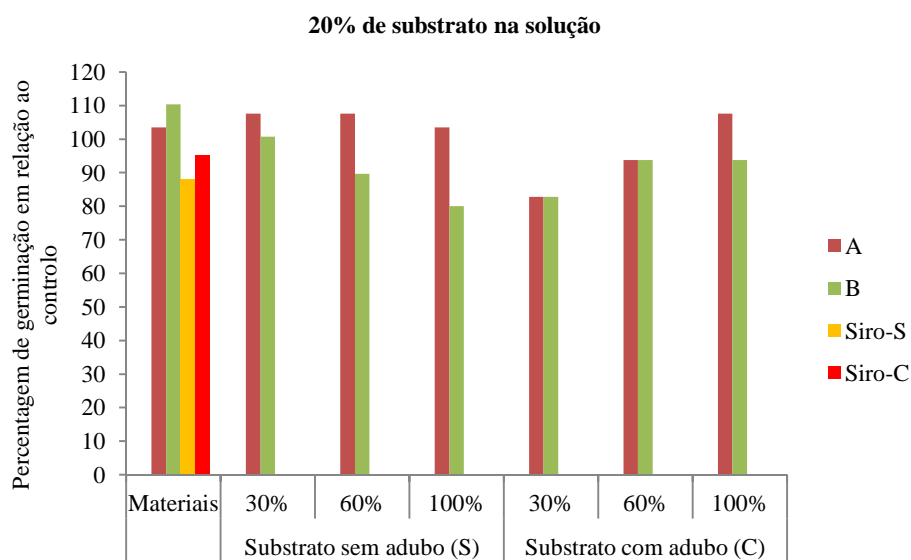
Em relação ao substrato da pilha A, todas as formulações obtiveram percentagens de germinação superiores a 80% em relação ao controlo. Com os substratos da pilha B (menos revolvida), as amostras B30C e B60C com concentração de 40% obtiveram percentagens de germinação inferiores a 80% em relação ao controlo. Este facto poderá ser explicado porque o pH era inferior a 5,5, o que poderá aumentar o risco de fitotoxicidade. A condutividade elétrica também foi superior ao recomendado e considerando que o agrião é muito sensível à salinidade, esta poderá ter inibido a sua germinação.

As percentagens de germinação das amostras A100S e A100C foram superiores à percentagem de germinação na solução com Siro Plant com e sem adubo para a concentração de 20%.

Para o California Compost Quality Council (2001), o composto está maturado para percentagens de germinação superiores a 80%, relativamente à germinação de controlo. Assim, atendendo aos valores obtidos e considerando a percentagem de germinação em água destilada como referência, pode dizer-se que os compostos da pilha A e B estavam bem maturados.

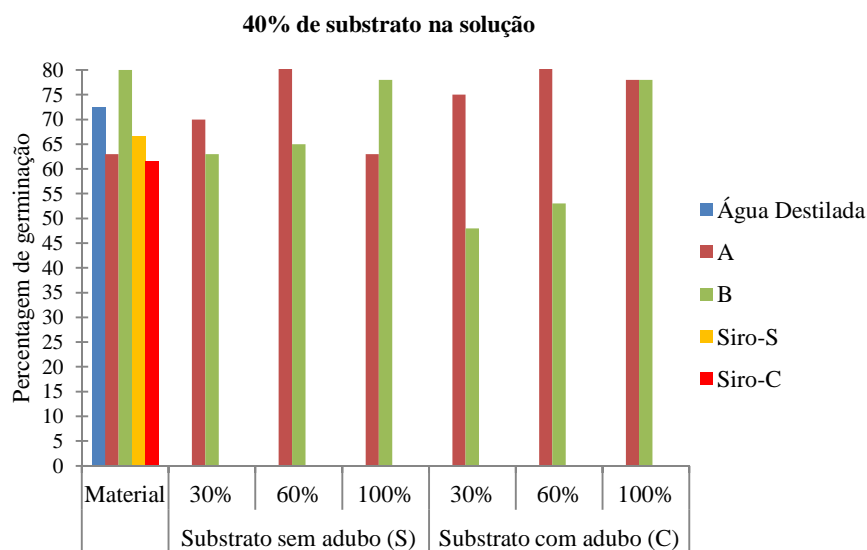


(a)

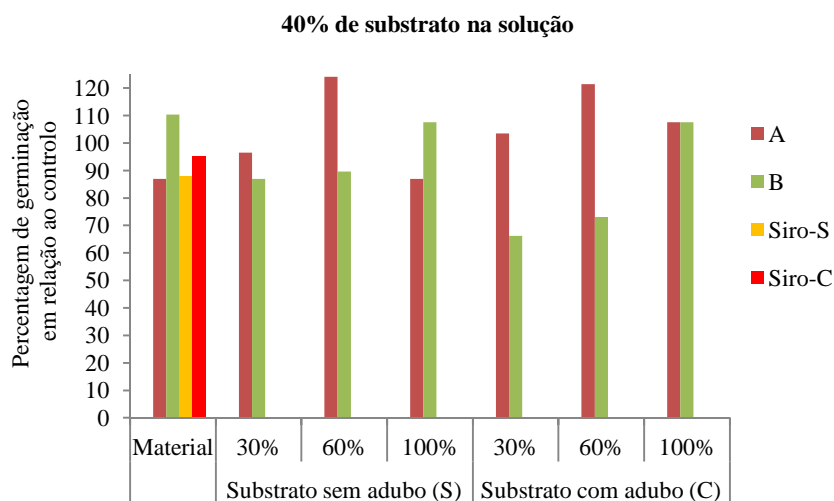


(b)

Figura 3.1 – (a) Percentagem de germinação do *Lepidium sativum* L em placas de Petri com extratos aquosos com 20% (v/v) das várias formulações de substratos e (b) percentagem de germinação em relação ao controle (água destilada). As percentagens indicadas no eixo das abcissas são relativas à percentagem de substituição de composto de casca de pinheiro por composto de acácia nos substratos.



(a)



(b)

Figura 3.2 – (a) Percentagem de germinação do *Lepidium sativum* L. em placas de Petri com extratos aquosos com 40% (v/v) das várias formulações de substratos e (b) percentagem de germinação em relação ao controlo (água destilada). As percentagens indicadas no eixo das abcissas são relativas à percentagem de substituição de casca de pinheiro por composto de acácia nos substratos.

Quadro 3.1 – Valores de pH e condutividade elétrica (CE) dos extratos aquosos (com a concentração de 20 % e 40% em volume) de compostos e substratos.

Tratamento	pH da solução de germinação		Condutividade CE ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)	
	20%	40%	20%	40%
A	6,8	6,68	2,78	6,1
A0S	6,69	6,39	0,395	0,777
A30S	5,29	5,19	0,354	0,356
A60S	6,04	5,93	1,378	3,09
A100S	6,77	6,78	0,933	2,2
A0C	5,3	5,43	0,814	2,06
A30C	5,34	5,19	1,003	2,68
A60C	5,62	5,62	1,16	2,35
A100C	6,09	6,05	1,575	3,54
B	6,72	6,66	2,58	5,3
B0S	6,15	6,11	0,274	0,581
B30S	5,83	5,88	0,566	1,105
B60S	5,76	5,98	0,877	1,63
B100S	6,49	6,63	0,648	1,955
B0C	5,37	5,45	1,071	1,882
B30C	5,22	5,16	1,378	2,93
B60C	5,56	5,52	2,52	6,42
B100C	5,72	5,66	3,05	5,57

Nota: Valor de pH da água destilada = 5,5; CE da água destilada = $0,14 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$

3.2 pH, condutividade e teor matéria orgânica dos substratos

Segundo Kämpf (2005), o valor de pH recomendado para substratos com predominância de matéria orgânica deve variar entre 5 a 5,8. O pH do substrato feito a partir das misturas turfa, composto de acácia e casca de pinheiro (Quadro 3.2) encontra-se dentro dos valores recomendados. Os compostos A e B tinham um valor de pH de 6,5 e 6,9 respetivamente, o que está acima do substrato comercial Siro Plant com e sem adubo.

A faixa de pH recomendada por Brito (2011) indica valores de pH entre 5,4 e 6,4 para os substratos orgânicos. Os substratos A e B registaram valores acima do intervalo recomendado. Os substratos A100S, B100S, A100C e B100C estavam dentro da faixa recomendada. Os substratos A30S, A30C, A60C, B30C e B60C estavam abaixo da faixa de pH recomendada. A adição de adubo às misturas fez diminuir o pH e aumentar a condutividade.

As condutividades dos substratos formulados com base na mistura: composto de acácia, composto de casca de pinheiro e turfa; variaram entre 0,8 e $2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (Quadro 3,2). Assim, encontram-se dentro dos valores recomendados ($0,75$ e $2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$) (Gonçalves e Baptista,

2001; Reis, 2007). Abad (2001) refere que os valores ótimos de condutividade elétrica devem ser inferiores a $0,5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, apenas o solo e o substrato Siro Plant sem adubo se encontravam dentro dos valores referidos.

O teor de matéria orgânica nos substratos comerciais Siro Plant é superior a 70%. Nos substratos com compostos da pilha A e B a percentagem de matéria orgânica era aproximadamente 40% (Quadro 3.2), bastante inferior à que se encontra nos substratos comerciais. No entanto, para as misturas A30, A60, B30 e B60 os valores de matéria orgânica encontraram-se próximos dos comumente usados nos substratos comerciais. Nos substratos A100 e B100 o composto de casca de pinheiro foi completamente substituído por composto de acácia pelo que diminuiu a percentagem de matéria orgânica em relação ao substrato Siro Plant. Apesar da inexistência de legislação nacional sobre qualidade de compostos, Gonçalves e Baptista (2005) na Proposta de Norma Portuguesa de Regulamentação sobre a Qualidade do Composto para Utilização na Agricultura propõem valores de matéria orgânica superiores a 30% para corretivos orgânicos. Os compostos da pilha A e B e todas as formulações possuíam valores de matéria orgânica acima dos 30% (Quadro 3.2). Os substratos com 30% de substituição de casca de pinheiro, com e sem adição de adubo, possuíam teores de matéria orgânica acima dos 70%, pelo que no que respeita à matéria orgânica estão próximos dos substratos orgânicos comerciais. Abad (2001) refere que o teor de matéria orgânica ideal nos substratos orgânicos deverá ser superior a 80%, apenas os substratos Siro Plant estavam acima desse valor.

Quadro 3.2 – Valores de pH, condutividade elétrica (CE) e teor de matéria orgânica no solo, nos compostos de acácia, nos substratos Siro Plant e nos vários substratos formulados com a substituição de composto de casca de pinheiro por composto de acácia.

Tratamento	pH		Condutividade (dS·m ⁻¹)		Matéria orgânica (g·kg ⁻¹)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Solo	6,0	0,11	0,2	0,02	44	2,0
A	6,5	0,07	1,6	0,18	431	10,3
B	6,9	0,13	1,6	0,14	420	12,1
A0S+B0S	6,1	0,05	0,3	0,02	843	30,7
A30S	5,1	0,31	1,1	0,33	723	18,9
A60S	5,6	0,14	1,2	0,08	652	9,5
A100S	6,2	0,62	1,0	0,13	519	37,7
A0C+B0C	5,0	0,13	1,1	0,06	850	27,5
A30C	4,8	0,04	1,5	0,16	708	19,8
A60C	5,3	0,28	1,7	0,13	643	30,1
A100C	5,7	0,36	1,3	0,35	538	31,3
B30S	5,6	0,07	0,8	0,04	711	47,0
B60S	5,7	0,11	1,1	0,04	617	23,9
B100S	6,3	0,25	1,1	0,19	531	38,0
B30C	4,8	0,08	1,5	0,12	731	44,5
B60C	5,1	0,1	2,0	0,11	596	37,6
B100C	5,5	0,15	2,0	0,07	507	15,6
Testes estatísticos	F = 33,2 (P < 0,001) LSD = 0,3		F = 54,9 (P < 0,001) LSD = 0,2 dS·m ⁻¹		F = 255,3 (P < 0,001) LSD = 36,8	

3.3 Teores de azoto amoniacal e nítrico e razão C/N nos substratos

Os teores de azoto amoniacal (N-NH₄⁺) dos compostos de acácia das pilhas A e B foram muito inferiores aos de azoto nítrico (N-NO₃⁻), revelando que os compostos estavam bem maturados. A adição do adubo aumentou muito o teor de azoto mineral nos substratos. O azoto nítrico (N-NO₃⁻) diminuiu com o aumento da percentagem de substituição de composto de casca de pinheiro por composto de acácia da pilha A.

Os compostos da pilha A e B estavam bem maturados uma vez que a razão N-NH₄⁺/N-NO₃⁻ é inferior a 1 (Larney e Hao, 2007). A razão carbono/azoto é inferior a 20 para os compostos da pilha A e B (Quadro 3.3). A adição de adubo diminuiu a razão carbono/azoto dos substratos como era espectável (Quadro 3.3).

Quadro 3.3 – Teores de azoto amoniacal (N-NH_4^+) e azoto nítrico (N-NO_3^-) e razão C/N do solo, dos compostos de acácia, dos substratos Siro Plant e dos vários substratos formulados com a substituição de composto de casca de pinheiro por composto de acácia.

Tratamento	N-NH_4^+ ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)		N-NO_3^- ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)		C/N	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Solo	4,6	1,78	18,2	5,2	12,5	1,91
A	11,7	0,41	1235,6	111,4	20,0	1,63
B	10,8	1,28	935,8	152,2	17,0	1,41
A0S+B0S	11,5	1,01	149,9	24,5	63,8	5,23
A30S	15,0	4,76	891,1	451,2	42,3	3,5
A60S	10,8	0,72	809,8	148,8	33,0	3,56
A100S	31,1	39,83	323,4	326,5	23,3	2,87
A0C+B0C	27,2	11,39	1129,7	191	49,3	8,1
A30C	29,2	8,82	1417,6	104,2	34,3	4,5
A60C	28,5	3,89	1472,3	231	29,3	2,87
A100C	48,3	37,6	870,8	600,6	27,3	4,99
B30S	9,6	0,32	399,6	18,4	41,3	4,79
B60S	9,9	0,63	704,6	79,9	32,3	2,75
B100S	12,0	3,68	596,8	312,3	24,3	5,19
B30C	22,9	10,56	1266,5	251,5	33,0	5,35
B60C	46,5	29,47	1399,2	432,7	20,5	1,29
B100C	16,4	2,36	1566,7	185,2	16,5	1,29
Testes estatísticos	F = 3,09 ($p < 0,001$) LSD = 21		F = 16,38 ($p < 0,001$) LSD = 361		F = 47,62 ($p < 0,001$) LSD = 6,5	

3.4 Teor de nutrientes nos substratos

Os compostos da pilha A e B possuíam teores de azoto superiores ao substrato Siro Plant com e sem adubo (Quadro 3.4). O aumento da percentagem de substituição de composto de casca de pinheiro por composto de acácia das duas pilhas provocou um aumento de azoto nos substratos sem adubo.

O solo possuía teores mais elevados de P, K, Mg e Fe que qualquer outro substrato, possivelmente por anteriores fertilizações do solo da estufa (onde foi retirado o substrato solo).

A adição de adubo aos substratos elevou os teores de fósforo nos substratos. A substituição de composto de casca de pinheiro por composto de acácia de qualquer das pilhas não alterou significativamente o teores de fósforo nos substratos.

O composto de acácia possuía mais potássio do que os substratos Siro Plant com e sem adubo. O aumento da substituição de composto de casca de pinheiro por composto de acácia não alterou significativamente os teores de potássio nos substratos. A adição de adubo aos substratos também não alterou significativamente os níveis de potássio.

Os compostos da pilha A e B possuíam mais cálcio de que qualquer outro substrato. O aumento da percentagem da substituição de composto de casca pinheiro por composto de acácia na pilha B aumentou os teores de cálcio no substrato. Em relação à substituição de composto da pilha A nos substratos com adubo, o aumento da percentagem de substituição de casca de pinheiro por composto de acácia aumentou significativamente os teores de cálcio. A adição de adubo aos substratos não aumentou os teores de cálcio dos substratos.

Os compostos das pilhas A e B possuíam um teor de magnésio e ferro superior ao teor presente no substrato Siro Plant com e sem adubo.

Para os substratos com adubo, um aumento da substituição de composto de casca de pinheiro por composto de acácia da pilha A aumentou significativamente o teor de magnésio nos substratos. Para a substituição com composto da pilha B, esse aumento só foi significativo quando aumentou a substituição de 30% para 60% ou 100%.

O variação da percentagem de substituição de composto de casca de pinheiro por composto de acácia não fez variar significativamente o teor de ferro nos substratos, exceto no caso da substituição de 30% para 100% de composto de acácia para o composto da pilha B e com adição de adubo.

Quadro 3.4 – Teores de azoto (N), fósforo (P) potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e ferro (Fe) no solo, nos compostos de acácia, nos substratos Siro Plant e nos vários substratos formulados com a substituição de composto de casca de pinheiro por composto de acácia.

Tratamento	Azoto (N) (g·kg ⁻¹)		Fosforo (P) (g·kg ⁻¹)		Potássio (K) (g·kg ⁻¹)		Cálcio (Ca) (g·kg ⁻¹)		Magnésio (Mg) (g·kg ⁻¹)		Ferro (Fe) (g·kg ⁻¹)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Solo	2,0	0,25	1,7	0,06	8,3	2,57	3,8	0,64	6,8	0,22	14,4	1,72
A	12,0	0,9	0,8	0,07	5,1	1,03	24,6	3,06	1,8	0,2	3,6	0,27
B	13,8	0,67	0,7	0,04	5,4	1,95	28,9	1,32	2,2	0,29	3,8	0,43
A0S+B0S	7,4	0,46	0,8	0,16	4,2	0,96	11,8	1,68	1,1	0,46	2,6	0,79
A30S	9,5	0,61	0,9	0,19	4,3	0,59	17,7	3,22	1,4	0,37	2,8	0,12
A60S	11,1	1,12	0,9	0,36	4,3	1,23	17,6	2,12	1,4	0,06	2,9	0,03
A100S	12,4	1,03	0,8	0,17	4,1	1,51	23,4	3,71	2,1	0,34	3,4	0,23
A0C+B0C	9,8	1,79	1,2	0,1	4,6	0,81	11,7	0,95	1,0	0,2	2,2	0,35
A30C	11,7	1,63	1,3	0,16	5,0	1,27	12,9	0,91	1,3	0,3	2,6	0,27
A60C	12,4	1,16	1,3	0,28	4,2	0,53	18,4	2,75	1,8	0,27	2,9	0,08
A100C	12,5	1,71	1,1	0,05	5,2	0,54	21,5	1	2,3	0,05	3,1	0,4
B30S	9,6	0,49	0,7	0,07	4,1	0,29	14,9	2,51	1,7	0,15	2,7	0,27
B60S	10,7	0,62	0,7	0,05	3,9	0,21	19,6	0,65	1,9	0,26	2,8	0,11
B100S	12,4	1,57	0,7	0,04	4,0	0,59	22,7	2,04	2,0	0,24	3,2	0,17
B30C	12,6	1,9	1,1	0,1	4,7	1,45	13,9	2,11	1,4	0,04	2,3	0,04
B60C	16,1	0,56	1,1	0,12	4,4	1,29	20,0	0,94	1,8	0,1	3	0,56
B100C	17,0	0,92	1,1	0,09	5,0	1,39	23,1	2,39	2,0	0,25	3,7	0,5
Testes estatísticos	F = 35,40 (p < 0,001) LSD = 1,7		F = 14,45 (p < 0,001) LSD = 0,2		F = 2,96 (p < 0,001) LSD = 1,7		F = 41,74 (p < 0,001) LSD = 2,8		F = 96,81 (p < 0,001) LSD = 0,4		F = 103,70 (p < 0,001) LSD = 0,8	

3.5 Avaliação do crescimento e exportação de nutrientes pela alface

3.5.1 Peso fresco, peso seco e teor de matéria seca

O solo, o Siro Plant sem adubo, e o composto B prejudicaram fortemente o crescimento da alface, em comparação com os restantes substratos (Quadro 3.5). O composto A foi tão eficaz como o Siro Plant com adubo. O crescimento da alface beneficiou com a substituição do composto de casca de pinheiro pelo composto de acácia no substrato sem adubo, possivelmente porque o composto de acácia tem mais nutrientes e uma razão C/N mais baixa do que o composto de casca de pinheiro. O mesmo não aconteceu de forma generalizada em comparação com o Siro Plant com adubo (que tinha azoto proveniente do adubo).

O crescimento da alface no substrato B60S foi superior a qualquer outro tratamento (Quadro 3.5). O substrato B60C, de entre todos os substratos com substituição de composto de casca de pinheiro por composto de acácia, foi o que promoveu um menor crescimento na alface, possivelmente porque a condutividade elétrica era a mais alta e o pH era muito ácido (Quadro 3.5).

Os substratos A100S e B100S promoveram um crescimento muito superior ao substrato Siro Plant sem adubo. O substrato A100C provocou um crescimento superior ao Siro Plant com adubo, embora a diferença não seja significativa.

As alfaces que cresceram no substrato solo e no substrato Siro Plant sem adubo obtiveram um teor de matéria seca muito superior às alfaces que cresceram nos outros tratamentos, provavelmente porque o peso fresco foi inferior ao obtido com os outros tratamentos (Quadro 3.5).

Quadro 3.5 – Peso fresco, peso seco e teor de matéria seca da alface produzida no solo, nos compostos de acácia, nos substratos Siro Plant e nos vários substratos formulados com a substituição de composto de casca de pinheiro por composto de acácia.

Tratamento	Peso fresco (g)		Peso seco (g)		Teor de matéria seca (%)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Solo	9	1,7	1,9	0,26	20,7	4,44
A	128	30,9	15,2	4,34	11,9	2,04
B	23	5,5	1,8	0,50	8,6	3,23
A0S+B0S	14	4,9	2,6	1,19	20,3	10,97
A30S	142	86,9	12,9	6,00	10,1	4,06
A60S	204	26,2	16,6	4,39	8,0	1,17
A100S	100	62,5	9,0	4,69	9,5	4,02
A0C+B0C	141	27,1	13,0	4,93	9,2	3,15
A30C	132	49,1	14,4	2,92	11,7	3,27
A60C	137	63,8	14,6	6,53	10,7	0,63
A100C	143	46,9	15,7	3,25	11,9	4,46
B30S	138	41,7	12,8	2,24	10,1	4,29
B60S	220	47,1	21,2	4,44	9,9	2,64
B100S	113	36,8	14,4	3,57	14,3	7,55
B30C	179	40,0	16,9	4,40	9,4	0,51
B60C	88	26,0	10,3	4,23	11,3	2,55
B100C	114	40,5	12,4	5,29	10,9	1,53
Testes estatísticos	F = 9,91 (p < 0,001) LSD = 58,9		F = 8,73 (p < 0,001) LSD = 5,7		F = 2,78 (p < 0,002) LSD = 7,2	

3.5.2 Teor de nutrientes na alface

Para os substratos sem adubo nas formulações com o composto B, o teor de azoto na alface aumentou com o aumento do composto de acácia introduzido na mistura (Quadro 3.6). Nos substratos com adubo, o aumento de composto de acácia introduzido na mistura não influenciou no teor de azoto nas alfaces. As alfaces que cresceram nos substratos com adubo obtiveram um teor de azoto maior do que as plantas que cresceram nos substratos sem adubo, possivelmente por terem o azoto mais facilmente disponível.

Os teores de azoto na alface variaram entre 28 e 47 g·kg⁻¹ (Quadro 3.6). Quase todos os tratamentos originaram alfaces com teores de azoto idênticos aos referidos por Silva (1999) (30-50 g·kg⁻¹). Apenas os substratos com B30S e A100S e Siro Plant sem adubo se encontraram ligeiramente abaixo dos valores referidos por este autor.

O teor de fósforo na alface, diminuiu com o aumento da quantidade de acácia na mistura para os substratos sem adubo e com adubo e para as misturas com compostos das pilhas A e B (Quadro 3.6). Os teores de fósforo encontraram-se entre 3,4 e 8,5 g·kg⁻¹. Estes resultados diferem ligeiramente dos valores referidos por Silva (1999) que indica o intervalo de valores de 4 a 7 g·kg⁻¹, no entanto as alfaces dos substratos, composto A, substrato A100S e B100S encontram-se dentro dos valores recomendados para os teores de fósforo.

Os teores de potássio e cálcio na alface foram superiores no tratamento com solo (que era o tratamento que mais potássio continha) em relação ao substrato Siro Plant com e sem adubo. A substituição de composto de pinheiro por composto de acácia não fez variar significativamente os teores de potássio na alface. A adição de adubo aos substratos também não fez variar significativamente os teores de potássio na alface. Segundo Silva (1999), o intervalo de teores de potássio na alface deve situar-se entre 50 e 80 g·kg⁻¹. Os valores obtidos para todos os substratos foram muito inferiores aos indicados por Silva (1999). Segundo Almeida (2006) o potássio é o nutriente em maior quantidade na alface, no entanto, os valores obtidos neste estudo não corroboram esta afirmação.

A substituição de composto de pinheiro por composto de acácia não fez variar significativamente os teores de cálcio na alface, exceto para o composto da pilha A sem adubo, em que o aumento da percentagem de composto de acácia no substrato fez diminuir o teor de cálcio na alface.

Os teores de cálcio na alface (Quadro 3.6) para todos os substratos foram inferiores aos teores indicados por Silva (1999) e por Almeida (2006) (15 a 25 g·kg⁻¹ e 18 a 36 g·kg⁻¹, respectivamente) no entanto encontram-se dentro dos valores indicados por Santos (2002) para a maioria das plantas (5 a 30 g·kg⁻¹).

As alfaces que cresceram no substrato composto de acácia da pilha B tiveram teores de magnésio superiores a qualquer outro substrato. Os substratos com adubo proporcionaram teores de magnésio na alface superiores aos substratos sem adubo, no entanto o aumento da substituição de composto de pinheiro por composto de acácia fez diminuir os teores de magnésio na alface.

Os teores de magnésio na alface variaram entre 2,6 e 4,2 g·kg⁻¹, o que está abaixo dos valores indicados por Almeida (2006) (7 a 13 g·kg⁻¹). Silva (1999) propôs valores de 4 a 6 g·kg⁻¹, sendo que apenas os substratos A30C, B30C e o composto da pilha B se encontram dentro da faixa sugerida por Silva (1999).

Os teores de ferro na alface foram maiores no substrato solo do que no substrato Siro Plant com e sem adubo. O substrato composto da pilha A e B e as várias misturas com composto da pilha A e B, com e sem adubo, não originaram teores de ferro significativamente diferente, com a exceção dos substratos A100S e B30S.

Os teores de ferro encontraram-se entre 0,33 e 0,54 g·kg⁻¹ (Quadro 3.6). Estes resultados diferiram dos valores proposto por Silva (1999), o qual indica um intervalo de valores entre 0,05 e 0,15 g·kg⁻¹. No entanto Almeida (2006) refere valores na ordem de 0,4 a 1,2 g·kg⁻¹, sendo que apenas as plantas produzidas nos substratos Siro Plant sem adubo, B30S e substrato A100S se encontravam abaixo desse intervalo. Santos (2002) refere que as deficiências de ferro são admissíveis para valores abaixo de 0,05 g·kg⁻¹ na matéria seca, sendo que os teores de ferro das alfaces foram muito superiores a esse valor.

Quadro 3.6 – Teor de azoto, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e ferro na parte aérea da alface, produzidas no solo, nos compostos de acácia, nos substratos Siro Plant e nos vários substratos formulados com a substituição de composto de casca de pinheiro por composto de acácia.

Tratamento	Azoto (N) (g·kg ⁻¹)		Fósforo (P) (g·kg ⁻¹)		Potássio (K) (g·kg ⁻¹)		Cálcio (Ca) (g·kg ⁻¹)		Magnésio (Mg) (g·kg ⁻¹)		Ferro (Fe) (g·kg ⁻¹)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Solo	37,0	-	3,4	-	36,8	-	9,5	-	3,9	-	0,54	-
A	35,9	3,53	4,6	0,75	26,4	5,6	7,5	0,53	3,3	0,3	0,43	0,1
B	46,9	6,2	8,3	1,86	35,6	8,53	9,9	2,32	4,2	0,49	0,45	0,08
A0S+B0S	28,4	12,5	8,5	1,61	32,1	7,1	8,4	1,23	3,4	0,57	0,37	0,05
A30S	39,5	3,07	8,5	1,17	33,3	8,07	7,8	1,54	3,7	0,52	0,47	0,08
A60S	38,7	1,91	7,3	1,06	27,3	3,9	6,1	0,55	3,1	0,15	0,46	0,06
A100S	27,9	9,82	5,3	2,54	29,6	5,51	6,5	0,47	2,9	0,83	0,33	0,05
A0C+B0C	39,4	3,08	7,7	0,8	29,7	5,08	7,5	1,77	3,6	0,62	0,46	0,04
A30C	41,8	3,27	8,4	1,06	29,7	4,15	8,3	1,37	4,2	0,77	0,4	0,01
A60C	41,3	3,42	8,3	0,73	29,2	5,63	7,3	2,44	3,8	1,19	0,41	0,05
A100C	40,1	3,5	7,8	1,06	27,8	2,9	7,5	1,02	3,6	0,53	0,42	0,04
B30S	28,4	7,42	7,4	2,68	25,1	2,5	6,0	1,33	2,6	0,14	0,33	0,09
B60S	34,3	3,69	6,7	0,54	27,8	4,48	6,4	1,31	3,0	0,38	0,44	0,02
B100S	37,0	1,91	5,9	1	25,2	2,55	7,4	1,44	3,1	0,3	0,44	0,06
B30C	39,8	0,79	8,0	0,85	29,0	3,95	8,0	1,02	4,0	0,67	0,42	0,03
B60C	40,4	0,81	8,2	0,18	35,0	4,05	7,4	1,5	4,0	0,31	0,43	0,04
B100C	37,3	2,51	7,5	2,36	28,7	2,13	7,7	1,12	3,7	1	0,47	0,12
F = 1,50 (p < 0,135); Não existe diferença significativa entre tratamentos												
Testes estatísticos	F = 4,76 (p < 0,001) LSD = 6,4		F = 3,07 (p < 0,001); LSD = 2				F = 1,89 (p < 0,043); LSD = 2		F = 2,29 (p < 0,012); LSD = 0,9		F = 2,56 (p < 0,005); LSD = 0,09	

3.6 Avaliação do crescimento e exportação de nutrientes para a couve

3.6.1 Peso fresco, peso seco e teor de matéria seca

Tal como para a alface, os resultados do peso da couve foram melhores com o composto A do que com o composto B. O substrato Siro Plant sem adubo foi o que promoveu um menor crescimento na couve. Quer o composto A quer o B comportaram-se melhor do que o substrato Siro Plant sem adubo, provavelmente por estes compostos possuírem mais azoto do que o substrato Siro Plant sem adubo (Quadro 3.7). O crescimento da couve no substrato solo foi superior ao obtido com o substrato Siro Plant sem adubo.

O substrato A100S e B100S proporcionaram um crescimento da couve superior relativamente ao obtido com o Siro Plant sem adubo. O substrato A100C provocou um maior crescimento do que o substrato Siro Plant com adubo (Quadro 3.7).

Tal como na alface, o teor de matéria seca da couve foi superior para o solo e para o substrato Siro Plant sem adubo. O teor da matéria seca da couve para os substratos A100C, B100C e Siro Plant com adubo foi semelhante.

Quadro 3.7 – Peso fresco e peso seco da couve produzida no solo, nos compostos de acácia, nos substratos Siro Plant e nos vários substratos formulados com a substituição de composto de casca de pinheiro por composto de acácia.

Tratamento	Peso fresco (g)		Peso seco (g)		Teor de matéria seca (%)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Solo	39	3,6	4,2	0,33	10,8	0,16
A	102	22,5	9,2	1,65	9,1	0,40
B	66	32,5	6,5	3,42	9,5	0,87
A0S+B0S	30	6,5	3,2	0,79	10,6	0,87
A30S	110	5,6	10,3	0,78	9,4	0,36
A60S	137	24,2	11,1	2,13	8,1	0,23
A100S	117	19,1	10,6	1,43	9,1	0,72
A0C+B0C	132	38,4	10,7	3,27	8,0	0,41
A30C	135	17,2	11,1	1,35	8,2	0,28
A60C	128	23,0	10,3	1,64	8,1	0,24
A100C	145	18,6	12,1	1,66	8,3	0,25
B30S	60	12,3	5,4	1,50	8,9	0,60
B60S	118	7,4	11,1	1,22	9,4	0,64
B100S	126	10,9	10,6	1,05	8,4	0,15
B30C	134	36,9	11,0	2,98	8,2	0,14
B60C	120	11,1	10,3	0,72	8,6	0,23
B100C	66	36,9	5,7	3,45	8,3	0,77
Testes estatísticos	F = 12,52 (p < 0,001), LSD = 33		F = 9,38 (p < 0,001); LSD = 2,9		F = 13,98 (p < 0,001); LSD = 0,7	

3.6.2 Teor de nutrientes na couve

Para os substratos solo, composto das pilhas A e B e Siro Plant com e sem adubo, os teores de azoto na couve não variaram significativamente. A adição de adubo aos substratos, para a mesma percentagem de substituição de composto de pinheiro por composto de acácia da Pilha A, fez diminuir os teores de azoto na couve, com a exceção do substrato A100C. Os teores de azoto da couve variaram entre 37,7 e 48,7 g·kg⁻¹ (Quadro 3.8). Estes encontram-

se dentro dos valores considerados espectáveis para a maioria das plantas (Santos, 2002). Brito (2007) refere que o teor de azoto nas couves deve estar próximo de $41,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, sendo que os substratos que mais se aproximaram desse valor foram os substratos B30C, A60S e B60S.

Os substratos com composto da pilha A e as várias misturas com composto da pilha A com e sem adubo não originaram diferenças significativas nos teores de fósforo na couve. Os teores de fósforos foram superiores nas couves plantadas no substrato com 60% de substituição de composto de pinheiro por composto de acácia da pilha B. Os teores de fósforo obtidos nas couves encontravam-se entre $4,8$ e $7,8 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Segundo Silva (1999), estes valores devem situar-se entre 4 e $7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Apenas as couves que cresceram no substrato Siro Plant sem adubo e nos substratos A60C, A100C e B30S ultrapassam os valores indicados por Silva (1999).

Os teores de potássio nas couves que cresceram no substrato Siro Plant sem adubo foram semelhantes aos obtidos usando o substrato Siro Plant com adubo. O aumento da percentagem de substituição do composto de casca de pinheiro por composto de acácia da pilha A fez aumentar os teores de potássio nas couves. As couves que cresceram nos substratos A100S e B100S tiveram teores superiores de potássio ao obtido nas couves que cresceram no substrato Siro Plant com adubo. Os teores de potássio nas couves variaram entre $22,9$ e $39,6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Quadro 3.8). Estes valores são inferiores aos sugeridos por Silva (1999) (30 a $50 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), no entanto os substratos A100S e A60C e A100C estavam dentro do intervalo proposto.

Os teores de cálcio na couve para os vários tratamentos não apresentam diferenças significativas. Os substratos B100S e B100C deram origem a um teor de cálcio nas couves superior ao obtido com o substrato Siro Plant com adubo. Silva (1999) refere valores para o teor de cálcio entre 15 e $30 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, sendo que os valores obtidos neste estudo encontram-se dentro desse intervalo.

As couves produzidas no substrato Siro Plant sem adubo obtiveram um teor de magnésio inferior às couves produzidas nos outros substratos. Os substratos A100S, B100S e B100C produziram couves com teores de magnésio superiores aos obtidos com o substrato Siro Plant com adubo. Os teores de magnésio na couve variaram entre $4,3$ e $5,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, os quais estão dentro do intervalo referido por Silva (1999) (4 a $7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Quase todos os substratos deram origem a couves com teores de ferro semelhantes. Apenas o substrato B30S apresentou valores muito superiores aos restantes. Os teores de ferro encontraram-se entre 0,14 e 0,26 g·kg⁻¹ (Quadro 3.8). Silva (1999) indica o intervalo de valores 0,04 e 0,2 g·kg⁻¹, sendo que quase todos os resultados obtidos se encontraram dentro do intervalo de valores referido. Apenas o substrato B30S ultrapassou os valores sugeridos.

Quadro 3.8 – Teor de nutrientes, azoto, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e ferro na parte aérea da couve, produzida no solo, nos compostos de acácia, nos substratos Siro Plant e nos vários substratos formulados com a substituição de composto de casca de pinheiro por composto de acácia.

Tratamento	Azoto (N) (g·kg ⁻¹)		Fósforo (P) (g·kg ⁻¹)		Potássio (K) (g·kg ⁻¹)		Cálcio (Ca) (g·kg ⁻¹)		Magnésio (Mg) (g·kg ⁻¹)		Ferro (Fe) (g·kg ⁻¹)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Solo	29,6	1,81	4,9	0,63	24,4	2,5	26,9	3,01	4,4	0,68	0,19	0,05
A	43,5	2,17	5,2	0,37	27,6	9,74	28,1	1,27	5,0	0,22	0,15	0,05
B	39,9	5,84	5,8	1,12	27,6	5,82	26,2	3,74	4,7	0,69	0,16	0,02
A0S+B0S	33,2	7,44	7,8	1,94	29,7	7,25	22,4	4,07	4,3	0,57	0,15	0,05
A30S	37,1	4,75	5,9	0,28	22,9	3,29	25,1	1,34	4,9	0,4	0,16	0,04
A60S	43,6	1,6	6,3	0,37	25,8	7,08	30,0	2,79	5,4	0,54	0,16	0,05
A100S	39,5	3,69	4,9	0,76	34,3	11,55	26,7	2,46	5,1	0,4	0,17	0,06
A0C+B0C	42,6	4,2	6,0	1,5	29,8	9,22	30,4	5,21	5,0	0,54	0,18	0,07
A30C	42,4	3,47	6,0	0,57	26,3	8,42	29,9	1,5	5,4	0,39	0,17	0,04
A60C	39,4	9,26	7,0	2,35	39,6	11,95	27,7	5,07	4,9	0,63	0,15	0,03
A100C	33,9	6,72	7,1	3,7	32,5	12,57	26,8	5,61	4,6	0,34	0,19	0,07
B30S	42,2	3,97	7,6	1,27	23,4	4,18	27,2	2,2	5,4	0,29	0,26	0,12
B60S	43,0	2,79	6,2	0,55	31,8	10,25	28,4	3,38	5,5	0,18	0,18	0,05
B100S	44,4	1,22	5,5	0,22	30,5	5,49	30,4	1,59	5,5	0,33	0,15	0,07
B30C	45,5	2,14	6,2	0,37	33,7	10,13	29,8	2,34	5,3	0,27	0,16	0,04
B60C	35,5	6,84	6,8	3,16	24,4	6,09	27,7	7,01	5,0	1,12	0,15	0,04
B100C	45,4	5,73	5,3	0,75	25,4	9,64	30,9	5,14	5,5	0,29	0,14	0,03
Testes estatísticos	F = 4,06 (p < 0,001); LSD = 7,1		F = 1,46 (p = 0,15); Não existe diferença significativa		F = 1,12 (p = 0,35); Não existe diferença significativa		F = 1,79 (p = 0,057); Não existe diferença significativa		F = 2,66 (p = 0,04); LSD = 0,8		F = 0,98 (p = 0,49); Não existe diferença significativa	

4. CONCLUSÕES

Os valores de pH de todos os substratos estavam dentro dos valores recomendáveis (5,5 a 8,5) (Gonçalves e Baptista, 2005). A condutividade dos compostos da pilha A e B e de todos os substratos formulados com os compostos encontravam-se dentro da faixa de condutividade recomendada ($0,75$ e $2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$) para a substratos agrícolas (Reis, 2007).

O teor de matéria orgânica dos compostos foi superior a 30%, o que, de acordo com Gonçalves e Baptista (2005), indica que os compostos podem ser utilizados como corretivos orgânicos do solo.

O teor de nutrientes (azoto, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e ferro) nos substratos com 100% de substituição de composto de pinheiro por composto de acácia com e sem adubo foi superior ao teor de nutrientes nos substratos Siro Plant com e sem adubo.

Os compostos da pilha A e B não apresentaram fitotoxicidade, o que foi confirmado pela percentagem de germinação superior a percentagem de germinação do controlo.

A substituição total do composto de casca de pinheiro por composto de acácia da pilha A do extrato de 20% e da pilha A e B para o extrato 40% favoreceu a germinação do agrião em relação a utilização do substrato Siro Plant.

Os resultados obtidos mostraram que não há diferenças significativas na germinação das plantas utilizadas, relativamente aos substratos comerciais à base de composto de casca de pinheiro utilizados na comparação.

A substituição de 100% de composto de pinheiro por composto de acácia das pilhas A e B não prejudicou o crescimento da alface nem da couve, pelo contrário, na substituição sem adubo e na substituição com adubo para a composto da pilha A, a substituição foi benéfica.

No que diz respeito ao desenvolvimento das plantas e composição química das mesmas, os dados obtidos indiciam que não há diferenças significativas se o substrato de pinheiro for substituído pelo substrato de acácia. Há no entanto uma pequena melhoria para o crescimento com substituição do composto de pinheiro pelo composto de acácia quando o substrato não é adubado.

Embora os resultados obtidos sejam apenas válidos para as espécies vegetais utilizadas, é de esperar que sejam obtidos idênticos resultados em muitas outras espécies vegetais.

Com base nos resultados obtidos pode dizer-se que o composto de acácia poderá substituir total ou parcialmente a necessidade de adubo nos substratos Siro Plant e que pode substituir completamente o composto de casca de pinheiro na formulação destes substratos.

A utilização de plantas invasoras como as acácias na formulação dos substratos, para além das vantagens agronómicas demonstradas neste estudo, pode também trazer benefícios ambientais uma vez que a sua utilização para compostagem pode promover a limpeza das florestas onde é invasora, evitando a perda de floresta autóctone e contribuindo também para a diminuição e proliferação de incêndios florestais.

REFERÊNCIAS

- Abad, M., Noguera, P. e Burés, S., 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresource Technology*, 77, pp 197-200.
- Almeida, D., 2006. Manual de Cultura Hortícolas. Editorial Presença.
- Augustin, C. e Rahman, S., 2010. Composting animal manures: a guide to the process and management of animal manure compost. North Dakota State University, Fargo, North Dakota.
- Brito, L. M., 2003. Manual de Compostagem. Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Ponte de Lima.
- Brito, L. M., 2007. Fertilidade do solo, compostagem e fertilização. Manual de Horticultura no Modo de Produção Biológico, pp. 53-86.
- Brito, L. M., 2011. Características dos Substratos para Horticultura. Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Ponte de Lima.
- Caballero, R., Ordovás, J., Pajuelo, P., Carmona, E. e Delgado, A., 2007. Iron chlorosis in gerber as related to properties of various types of compost used as growing media. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38, 2357-2369.
- CCQC, 2001. Compost Maturity Index. In: Council, C.C.Q. (Ed.), Nevada.
- DNGF, D. N. d. G. F.-. 2010. Relatório Final do 5.º Inventário Florestal Nacional. Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. <http://www.icnf.pt/portal/florestas/ifn/ifn5/relatorio-final-ifn5-florestat-1>
- Evanylo, G., Sherony, C., Spargo, J., Starner, D., Brosius, M. e Haering, K., 2008. Soil and water environmental effects of fertilizer-, manure-, and compost-based fertility practices in an organic vegetable cropping system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 127, 50-58.
- Ferreira, J. C., Strech, A., Ribeiro, J. R., Soeiro, A. e Cotrim, G., 1998. Manual de agricultura biológica - fertilização e protecção das plantas para uma agricultura sustentável. Agrobio- Associação Portuguesa de Agricultura Biológica, Lisboa.
- Furrer, O. J. e Gupta, S. K., 1983. Effects of agricultural use of municipal composts. *Plant Foods for Human Nutrition* 33, 251-259.
- Golueke, C. G., 1981. Principles of biological resource recovery. *BioCycle*, 22, 36-40.
- Gonçalves, M. S. e Baptista, M., 2001. Proposta de Regulamentação sobre a Qualidade do Composto para Utilização na Agricultura. In: Instituto de Investigação Agrária, L.Q.A.R.d.S. (Ed.). Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Lisboa.
- Gonçalves, M. S. e Baptista, M., 2005. Proposta de Norma Técnica sobre Qualidade e Utilizações do Composto. In: INIA, L.Q.A.R.d.S. (Ed.), Lisboa.

- Iannotti, D. A., Pang, T., Toth, B. L., D.L. Elwell, Keener, H. M. e Hoitink, H. A. J., 1993. A quantitative respirometric method for monitoring compost stability. *Compost Science & Utilization*, 1, 52-65.
- Kämpf, A. N., 2005. Produção comercial de plantas ornamentais. Agrolivros.
- Lampkin, N., 1990. Organic Farming. Farming Press Limited.
- Larney, F. J. e Hao, X., 2007. A review of composting as a management alternative for beef cattle feedlot manure in southern Alberta, Canada. *Bioresource Technology*, 98, 3221-3227.
- Lopes, A. e Simões, A. M., 2007. Produção integrada em hortícolas: família das brassicáceas. In: Rural, D.-G.d.A.e.D. (Ed.). Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural - DGADR, Lisboa.
- Marchante, H., Campelo, F. e Freitas, H., 1999. Ecologia do género *Acacia* nos ecossistemas dunares portugueses. 1º Encontro sobre Invasoras Lenhosas, Gerês, Terras de Bouro, Portugal.
- Moreno, J. L., Cabanillas, A. G., Benitez, L. L. e Pablos, J. L. R., 1993. La materia organica en los sistemas agricolas. Manejo y utilizacion Ministerio da Agricultura Pesca y Alimentacion, Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario, Madrid.
- Oliveira, R., 2000. Tratamento de resíduos sólidos. Universidade do Minho, Braga, Portugal.
- Reis, M., 2007. Material vegetal e viveiros. In: Mourão, I.M. (Ed.), Manual de Horticultura no Modo de Produção Biológico. Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Ponte de Lima, pp. 19-51.
- Rynk, R., Kamp, M. v. d., Willson, G. B., Singley, M. E., Richard, T. L., Kolega, J. J., Gouin, F. R., Laliberty, L., Kay, D., Murphy, D. W., Hoitink, H. A. J. e Brinton, W. F., 1992. On-Farm Composting Handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service-Cooperative Extension. NRAES - 54., Ithaca, NY.
- Santos, J. Q., 2002. Fertilização - fundamentos da utilização dos adubos e correctivos. Publicações Europa-América, Lisboa.
- Silva, F. C., 1999. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Embrapa Solos / Informática Agropecuária, Rio de Janeiro, Campinas.
- Sonneveld, C., 2000. Effects of salinity on substrate grown vegetables and ornamentals in greenhouse horticulture. Wageningen Universitiet, Wageningen, p. 151.
- Trautmann, N. e Olynciw, E., 1996. Compost Microorganisms. Cornell Waste Management Institute, Cornell University, Ithaca, NY, USA. <http://compost.css.cornell.edu/microorg.html>
- Valente, B. S., Xavier, E. G., Morselli, T. B. G. A., Jahnke, D. S., Jr., B. d. S. B., Cabrera, B. R., Moraes, P. d. O. e Lopes, D. C. N., 2009. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. *Archivos de Zootecnia*, 58, 59-85.
- Zucconi, F., Peram, A., Forte, M. e De Bertolidi, M., 1981. Evaluating toxicity of immature compost. *BioCycle*, 22, 54-56.

